جمهورية مصر العربية
وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية
مركز بحوث الإسكان و البناء

الكود المصرى
لأعمال الطرق الحضرية و الخلوية

الجزء السادس : التصميم الإنشائى للطرق

اللجنة الدائمة
لإعداد أسس تصميم وأشتراطات تنفيذ أعمال الطرق
الحضرية و الخلوية

قرار وزارى رقم ١٦٢ لسنة ١٩٩٨

الطبعة الاولى ١٩٩٨

وزارة الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

مكتب الوزير

قرار وزارى

رقم ١٦٢ لسنة ١٩٩٨

بشأن الكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية

الجزء السادس : التصميم الانشائى

وزير الإسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

- بعد الاطلاع على القانون رقم (٦) لسنة ١٩٦٤ فى شأن أسس تصميم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى قرار رئيس الجمهورية رقم (٤٦) لسنة ١٩٧٧ فى شأن الهيئة العامة لمركز بحوث الإسكان والبناء والتخطيط العمرانى .
- وعلى القرار الوزارى رقم (١٦١) لسنة ١٩٩٢ بتشكيل اللجنة الدائمة للكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية.
- وعلي القرار الوزاري رقم (٤٩٢) لسنة ١٩٩٦ بتشكيل اللجنة الرئيسية لأسس تصمهم وشروط تنفيذ الأعمال الإنشائية وأعمال البناء.
- وعلى المذكرة المقدمة من السيد الاستاذ الدكتور رئيس اللجنة الدائمة للكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية بتاريخ ٣٠/ ٥ /١٩٩٨ .

قــــــرر

مادة (١) : يتم العمل بالجزء السادس من الكود المصري لأعمال الطرق الحضرية والخلوية والخاص بالتصميم الإنشائي.

مادة (٢) : تلتزم الجهات المعنية والمذكورة في القانون رقم (٦) لسنة ١٩٦٤ بتنفيذ ما جاء بهذا الكود.

مادة (٣) : يتولي مركز بحوث الإسكان والبناء علي نشر ما جاء بهذا الكود والتعريف به والتدريب عليه .

مادة (٤) : ينشر هذا القرار في الوقائع المصرية ويعتبر نافذاً بعد مرور ستة أشهر من تاريخ النشر .

صدر فى ١٥/ ٦/ ١٩٩٨

وزير الاسكان والمرافق والمجتمعات العمرانية

استاذ دكتور مهندس / محمد ابراهيم سليمان

١ - تمهيد :

١-١ : مجال وأغراض كود التصميم الإنشائى للطرق :

الغرض من التصميم الإنشائى للطرق هو تصميم قطاع إنشائى للطريق قادر على تقبل الاجهادات الناتجة عن حركة المرور من سطح الرصف وخلال طبقات الرصف المختلفة حتى طبقة التربة التأسيسية الحاملة للرصف والتى تشكل خواصها وقوتها عنصراً أساسياً فى التصميم الأنشائى للطرق .

وتنقسم أنواع رصف الطرق إلى رصف مرن ورصف صلب، ويتكون الرصف المرن من طبقات أسفلتية يتم إنشاؤها فوق طبقتى الأساس والأساس المساعد إن وجد واللتان تنشأن فوق التربة التأسيسية المدموكة دمكاً جيداً ، أما الرصف الصلب فيتكون من بلاطات خرسانة أسمنتية وقد يوجد أو لا يوجد تحتها طبقة أساس والتصميم الجيد هو الذى يحقق التوازن بين النواحى الهندسية والنواحى الاقتصادية ، لذلك فمن الضرورى الوصول إلى قواعد صحيحة ودقيقة للتصميم تؤدى إلى تصميم أسماك الرصف التى تحقق الفوائد الاقتصادية المرجوه من الطريق مع تلافى زيادة التكاليف دون فائدة تتلاءم مع هذه الزيادة ، وكذلك تلافى الخسائر الكبيرة الناشئة عن الانهيارات التى تحدث فى حالة عدم كفاية سمك طبقات الرصف .

ويهدف كود التصميم الإنشائي للطرق إلى تحديد الأسس المرتبطة بعملية التصميم بما فى ذلك الأحمال وخصائصها والعوامل البيئية بالإضافة إلى خواص المواد المختلفة التى تكون القطاع الإنشائي للرصف ، كما يهدف إلى تحديد العوامل وطرق تصميم العناصر الإنشائية للطرق المصرية .

١-٢ : محتويات الكـــــود :

تم تنظيم محتويات كود التصميم الإنشائى للطرق لتشتمل على أسس التصميم سواء للرصف المرن أو الصلب بما فى ذلك نبذه عن دراسات المرور من حيث درجات الطرق وأحجام المرور عليها وأنواع المركبات وتوزيعها ، ويعرض الكود لاعتبارات التصميم لطبقات الرصف المختلفة بدءاً بالتربة التأسيس وطبقات الأساس المساعد ثم الأساس وطبقات الرصف الإسفلتي والخرسانى ، كما يعرض طرق تصميم الرصف المرن والرصف الصلب بما فى ذلك عناصر التصميم والاعتبارات الخاصة والتفاصيل الإنشائية ، كما يعرض الكود أسلوب وطرق تقوية الرصف الحالى لكل من نوعى الرصف ، وينتهى بدراسة بدائل التصميم وأسلوب الإنشاء المرحلى .

٢ - أسس التصميم الإنشائي :

٢-١ : منهاج وأسس التصميم :

الفرق الأساسى بين نوعى الرصف - المرن والصلب - هو طريقة توزيع الحمل ووصوله من سطح الرصف إلى طبقة التأسيس ، والتعريف التقليدى للرصف المرن يشمل أساساً أنواع الرصف ذات الطبقة السطحية الإسفلتية ، أما الرصف الصلب فهو الذى يكون من الخرسانة المصنوعة من الأسمنت البورتلاندى ، ولذلك يجب أن يكون واضحاً أن التعريفيين "رصف مرن" و"رصف صلب" فى هذا الكود هما فقط محاولة للتفريق بين نوعى الرصف من الأسفلت أو الخرسانة الأسمنتية ، والقدرة على تحمل الأحمال فى الرصف المرن يتم الوصول إليها عن طريق خاصية التوزيع المرتبط بنظام تعدد الطبقات ، فقطاعات الرصف المرن تتكون من مجموعة من الطبقات أعلاها جودة يكون على السطح أو أقرب ما يكون له ، ومن ثم فإن مقاومة الرصف المرن تنتج أساساً عن طريق بناء طبقات متتالية وبهذا يتم توزيع الحمل على طبقة

١-٢ : محتويات الكـــــود :

تم تنظيم محتويات كود التصميم الإنشائى للطرق لتشتمل على أسس التصميم سواء للرصف المرن أو الصلب بما فى ذلك نبذه عن دراسات المرور من حيث درجات الطرق وأحجام المرور عليها وأنواع المركبات وتوزيعها ، ويعرض الكود لاعتبارات التصميم لطبقات الرصف المختلفة بدءاً بالتربة التأسيس وطبقات الأساس المساعد ثم الأساس وطبقات الرصف الإسفلتي والخرسانى ، كما يعرض طرق تصميم الرصف المرن والرصف الصلب بما فى ذلك عناصر التصميم والاعتبارات الخاصة والتفاصيل الإنشائية ، كما يعرض الكود أسلوب وطرق تقوية الرصف الحالى لكل من نوعى الرصف ، وينتهى بدراسة بدائل التصميم وأسلوب الإنشاء المرحلى .

٢ - أسس التصميم الإنشائي :

٢-١ : منهاج وأسس التصميم :

الفرق الأساسى بين نوعى الرصف - المرن والصلب - هو طريقة توزيع الحمل ووصوله من سطح الرصف إلى طبقة التأسيس ، والتعريف التقليدى للرصف المرن يشمل أساساً أنواع الرصف ذات الطبقة السطحية الإسفلتية ، أما الرصف الصلب فهو الذى يكون من الخرسانة المصنوعة من الأسمنت البورتلاندى ، ولذلك يجب أن يكون واضحاً أن التعريفيين "رصف مرن" و"رصف صلب" فى هذا الكود هما فقط محاولة للتفريق بين نوعى الرصف من الأسفلت أو الخرسانة الأسمنتية ، والقدرة على تحمل الأحمال فى الرصف المرن يتم الوصول إليها عن طريق خاصية التوزيع المرتبط بنظام تعدد الطبقات ، فقطاعات الرصف المرن تتكون من مجموعة من الطبقات أعلاها جودة يكون على السطح أو أقرب ما يكون له ، ومن ثم فإن مقاومة الرصف المرن تنتج أساساً عن طريق بناء طبقات متتالية وبهذا يتم توزيع الحمل على طبقة

التأسيس، وعلى ذلك يكون سمك القطاع الإنشائى مرتبطا بمقاومة التربة فى طبقة الأساس، أما الرصف الصلب وبسبب جساءته وارتفاع معامل المرونة له فإنه يميل إلى توزيع الحمل على مساحة أوسع نسبياً على تربة التأسيس ، وعلى هذا فإن جزءاً رئيسياً من القدرة الإنشائية لهذا النوع من الرصف يكون عن طريق بلاطات الخرسانة نفسها ، ولذلك فإن التغيير الطفيف فى مقاومة التربة يكون تأثيره بسيطاً على القدرة الإنشائية للرصف الصلب بوجه عام .

٢-١-١ : الرصف المرن :

هناك العديد من طرق تصميم الرصف المرن والمستخدمة حالياً فى أنحاء العالم المختلفة ، والاختلاف الأساسي بين معظم هذه الطرق هو فى كيفية تفسير بيانات المرور أو الاختبارات المستخدمة . وقد أعتمد تصميم الرصف المرن فى هذا الكود على طريقة اتحاد مسئولى النقل والطرق الأمريكى (AASHTO) والتى تعتمد على مفهوم الأداء الوظيفي للطرق وتحويلها إلى قيم لمستوى الخدمة وحالة السطح وتم فيها تقديم عدة مبادئ هامة ، أولها مفهوم مستوى الأداء الذى يعبر عن قدرة الرصف على خدمة المرور خلال فترة زمنية محددة ، وتعتمد محاولات التصميم لهذه الطريقة على تحليل تأثير التصميم الإنشائي (شاملاً سمك الطبقات وخواص المواد بها) والأحمال (معبراً عنها بكل من قيمة الحمل وعدد مرات تكراره) على مستوى آداء قطاعات الرصف المرن التجريبية .

٢-١-٢ : الرصف الصلب

أعتمد تصميم الرصف الصلب فى هذا الكود على طريقة جمعية الأسمنت البورتلاندى الأمريكية التى تعتبر طريقة مناسبة لتصميم هذا النوع من الرصف في جمهورية مصر العربية وذلك لما تتميز به من احتوائها على طريقة تحليلية وأخرى مبسطة في التصميم وذلك تبعاً للبيانات المتوافرة لدى المصمم .

وتعتمد هذه الطريقة فى التصميم على مبادئ تحليل الاجهادات ويتأثر فيها سمك الرصف بعدد مرات تكرار الحمل ومعامل انحناء الخرسانة ومعامل رد فعل التربة التأسيسية ، كما تأخذ هذه الطريقة فى الاعتبار تحليل تآكل التربة التأسيسية أو الأساس المشبع بالمياه السطحية أو الجوفية تحت تأثير المحاور على البلاطات الخرسانية .

٢-٢ دراسات حركة المرور :

٢-٢-١ تصنيف درجات الطرق :

تقسم الطرق من حيث الطبيعة الوظيفية الى نوعين رئيسيين ، وينقسم كل نوع الى درجات حسب الاداء الوظيفي المطلوب من كل منهم ، اما النوعان الرئيسيان فهما:

١ - طرق خلوية :

وهى التى تصل المدن والقرى والتجمعات العمرانية المختلفة بعضها ببعض وتستخدم باستخدام محدد للأراضي حولها (زراعى أو صحراوى فقط) وتغلب على وظيفتها نقل الحركة بين مصدر وهدف اكثر من خدمة الأراضي المحيطة.

٢ - طرق حضرية :

وهى التى تخترق التجمعات العمرانية داخل المدن والقرى وغيرها، وتحيط بها المساكن والأنشطة التجارية والصناعية المختلفة وتختلف عن الطرق الخلوية فى أنها تهدف فى الغالب الى خدمة الأراضي المحيطة.

وتختلف درجات الطرق لكل نوع من النوعين المذكورين تبعا للهدف من تقسيمها الى هذه الدرجات ، حيث يدخل الاداء المطلوب بالإضافة الى التسلسل العام للشبكة وتدرج نقل الحركة على درجات مختلفة فى تحديد الدرجة لطريق ما ، وعلى ذلك وجد أكثر من أسلوب لتصنيف وتحديد درجات الطرق ، وفيما يختص بالتقسيم المقترح لهذا الكود بهدف التصميم الإنشائي للطرق فانه يكون

مرتبط بالأداء الوظيفي للطريق وكذلك أهمية طرفي محور هذا الطريق بالإضافة الى حجم الحركة عليه ، ومن ثم يكون التقسيم الى الدرجات الآتية:

أ - الطرق الخلوية :

١ - طرق رئيسية :

وهى التى تربط القاهرة (العاصمة) بعواصم المحافظات والمدن الكبرى الهامة أو تربط المدن الكبرى الهامة ببعضها وتشمل الطرق السريعة والرئيسية.

٢ - طرق فرعية :

وهى التى تربط عواصم المحافظات بمراكزها وكلك المراكز بعضها ببعض إذا لم يكن تم تصنيفها فى النوع الأول.

٣ - طرق فرعية ثانوية محلية:

هى التى تربط المراكز بالقرى التابعة لها وكذلك القرى المتجاورة بعضها ببعض وطرق المحليات.

ومن الجدير بالذكر آن التقسيم الإداري الحال لشبكة الطرق بجمهورية مصر العربية يخضع النوع الأول واغلب النوع الثانى لأشراف الهيئة العامة للطرق والكبارى اما النوع الثالث وباقى النوع الثانى فيخضعان لإشراف مديريات الطرق بالمحافظات وعموما لا يؤثر ذلك فى التقسيم المتعلق بالتصميم الإنشائى للطرق ، وبالإضافة الى الدرجات الثلاثة السابق ذكرها يمكن التقسيم داخل كل درجة الى درجات فرعية اعتمادا على حجم المرور عليها كما سيرد ذلك في الجزء الخاص بتحديد أحمال المرور على الطرق.

ب - الطرق الحضرية : -

١ - طرق رئيسية :

وهى ذات الطبيعة المتميزة والتى تهدف الى نقل الحركة السريعة من والى نقاط رئيسية بالتجمع الحضرى وكذلك نقل المرور العابر للمنطقة الحضرية.

٢ – طرق فرعية :

٢ –١ طرق شريانية :

وهى تنقل الحركة بين الطرق الرئيسية داخل التجمعات الحضرية وذلك من خلال درجة أقل منها.

٢–٢ طرق تجميعية

وهى التى تجمع الحركة من الأنشطة المختلفة داخل المناطق الحضرية لنقلها إلى الدرجات الأعلى ومن ثم نقل الحركة بين المناطق الداخلية المختلفة وكذلك نقلها إلى خارج التجمع العمرانى بكامله وبالعكس بما فيها الطرق الثانوية .

٣– طرق محلية :

وهى التى تخدم مباشرة الاستخدامات الخاصة بالأراضى المجاورة لها من مصانع ومساكن ومتاجر وغيرها ويمكن تقسيمها إلى سكنية وصناعية وتجارية

٢–٢–٢ أحجام المرور :

يهتم التصميم الأنشائى للطرق بتحديد تأثير الحمل الناتج عن المركبة المتحركة على القطاع الأنشائى المطلوب للطرق ويعتمد هذا التأثير الكلى للمركبة وكيفية انتقاله إلى سطح الطريق حسب نظام المحاور والإطارات الخاصة بالمركبة وكذلك ضغط الهواء بالإطارات ، هذا بالإضافة الى عدد مرات تكرار هذا الأثر على امتداد عمر الطريق التصميمى . ويتم تحديد حجم المرور اعتماداً على ما يأتى :

١ – متوسط حجم المرور اليومى والذى يتم الحصول عليه من القياسات الميدانية والدراسات التفصيلية الخاصة بحصر حجم حركة المرور على الطرق ويتم منها تحديد المتوسط للعام الذى تم فيه القياس وكذلك فى أعوام سابقة .

٢ – الزيادة المتوقعة مستقبلاً لأحجام المرور على الطريق أخذين فى الاعتبار النمو العمرانى حول الطريق مع معدلات الزيادة السنوية الطبيعية وكذلك

ماسوف يتم خدمته من حركة المرور المنجذب له بسبب رفع كفاءته ويدخل في ذلك كل من الفترة التصميمية ومعدل النمو السنوى لأحجام المرور والتى سوف يرد تفصيله فيما بعد.

٢-٢-٣ تصنيف المركبات

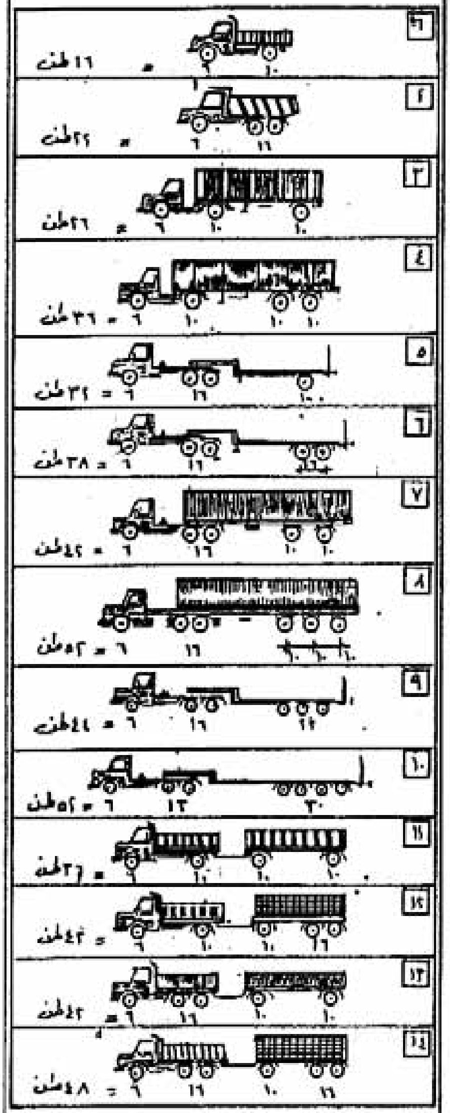
يتم تصنيف حركة المرور طبقاً لنوعية المركبات المختلفة المكونة لهذه الحركة وعموماً فإنها يمكن تقسيمها إلى مركبات لنقل الركاب وأخرى لنقل البضائع ويقسم كل نوع حسب حمولته ومن ثم التأثير المتوقع منه كالآتى :-

- مركبات ركوب صغيرة
- مركبات نقل صغيرة (بيك أب - ميكروباس)
- مركبات نقل جماعى (مينى باص - أتوبيس)
- مركبات نقل خفيف (محوريين - ٦إطارات حتى-ر ٤ طن)
- مركبات نقل متوسط (محورين - ٦إطارات ، أكبر من ٤ طن)
- مركبات نقل ثقيل ثلاث محاور أو أكثر
- مركبات نقل بمقطورة أو جرار

هذا بالإضافة إلى مركبات نقل بطيء (دراجات - موتوسيكل - مركبات تجرها الدواب- جرارات زراعية) وغيرها مما لم يتم تحديده ضمن الأنواع السابقة . ويجب تحديد نسبة كل نوع من هذه الأنواع في الحجم الكلي للمرور ويمكن دمج بعض هذه الأنواع مع بعضها أو فصلها حسب النسب المتوقعة من كل منها طبقاً لتوافر البيانات الخاصة بها .

٢-٢-٤: أوزان المحاور والحمولات المسموح بها على الطريق:

نوضح فيما يلي بيان بأوزان المحاور والحمولات المسموح بها على الطرق المصرية.



١ - يحسب الحمل على المحور المفرد الأمامي بمقدار ٦ طن والمفرد الخلفي بمقدار ١٠ طن بشرط أن يركب عليه ٤ إطارات كاوتش .

٢- يحسب الحمل على المحور المفرد الأمامي للمقطورة بمقدار ١٠ طن بشرط أن يركب عليه ٤ إطارات كاوتش .

٣ - يحسب الحمل المكافئ، على المحور المزدوج الضيق (بوجي) بمقدار ١٦ طن بشرط أن يركب على كل محور ٤ إطارات كاوتش وتكون المسافة بين المحورين أقل من ٢ متر .

٤ - يحسب الحمل المكافئ، على المحور الواسع (بوجي) بمقدار ١٠ طن للمحور الواحد بشرط أن يركب على كل محور ٤ إطارات كاوتش وأن تكون المسافة بين كل محور أكثر من ٢ متر .

٥ - يحسب الحمل المكافئ، على المحور الثلاثي (الضيق) بمقدار ٢٢ طن بشرط أن يركب على كل محور ٤ إطارات كاوتش .

٦ - يسمح بالتجاوز في حدود ١٠٪ من الحمولة المنقولة والمسموح المرور بها على الطرق لمختلف أنواع السيارات للتغلب على مشكلة أختلاف أوزان الفيزات وفروق الموازين .

٧ - ألا يزيد عرض المركبة عن ٢٫٦٠ متراً .

٨ - ألا يزيد طول المركبة عن الأطوال المحددة فيما بعد :

أ- بالنسبة للسيارات ذات محورين أو أكثر لا يزيد عن ١٢ م .

ب- بالنسبة للسيارة ذات المنفصل (سيمي تريلر) لا يزيد عن ١٨م

جـ- بالنسبة للسيارة مع المقطورة العادية لا يزيد عن ٢٠م .

٩ - لا يزيد أرتفاع المركبة بما عليها من حمولة عن ٤٫٠٠م من سطح الطريق ولا تقل المسافة بين أسفل المركبة وسطح الطريق عن ٢٨سم

٢ -٢ - ٥ توزيع الحركة على الحارات المختلفة بالطريق: -

يتم تصميم الطريق على أساس حجم المرور المتوقع على الحارة الواحدة من الطريق ويختلف هذا الحجم تبعا لعدد الحارات بالطريق وكذلك النسب الخاصة بالنوعيات المختلفة ، وفى حالة الطرق التى تزيد عن حارتين فى الاتجاهين تتميز الحارات الخارجية (جهة الأكتاف) بزيادة الحركة عليها وخصوصا فى الأوقات التى يقل بها المرور وعموما يمكن الاسترشاد بالنسب التالية للتوزيع فى حالة عدم توافر بيانات عن ذلك :

جدول (٢-١) : نسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية

عدد حارات الطريق (فى اتجاهين)	نسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية (من حجم مركبات النقل الكلى)
٢	٥٠٪
٤	٤٥٪
٦ أو أكثر	٤٠٪

٢ - ٢ - ٦ الفترة التصميمية:

وهى الفترة الزمنية بالسنين من تاريخ افتتاح الطريق للمرور حتى تاريخ احتياجه إلى صيانة جسيمة وعادة ما تكون بين ١٠ و٣٠ سنة وتؤخذ الفترة التصميمية ١٥ سنة للرصف المرن ، ٢٥ سنة للرصف الصلب فى أعمال تصميم الطرق بجمهورية مصر العربية كما يمكن اختيار اى فترة زمنية أخرى بما يتناسب وظروف إنشاء الطريق.

٢ – ٢ – ٧ معدلات الزيادة السنوية: –

وتقدر معدلات الزيادة السنوية فى أحجام المرور بمعرفة متوسط حجم المرور اليومى على الطريق لعدة سنوات ومنه يمكن حساب معدل الزيادة السنوية في حجم المرور على هذا الطريق. وفى حالة عدم توافر بيانات كافية لتقدير هذه النسبة ، فانه يمكن استخدام نسبة زيادة سنوية فى حجم المرور يتراوح بين ٢، ٤٪ طبقا للمنطقة التى يتم إنشاء الطريق بها.

وباستخدام قيمة كل من الفترة التصميمية ومعدل الزيادة السنوى يتم حساب قيمة معامل النمو (الذى يعبر عن أجمالي حجم المرور خلال الفترة التصميمية منسوبا الى أجمالي حجم المرور السنوى الحالى) وذلك كما هو مبين بالجدول رقم (٢–٢).

وفى حالة عدم توافر بيانات عن حجم المرور على الطريق المراد تصميمة يتم الاسترشاد بالقيم المبينة بالجدول رقم (٢–٣) للدرجات المختلفة من الطرق سواء الخلوية او الحضرية.

جدول (٢-٢): معاملات النمو

الفترة التصميمية	معدل النمو السنوى (r)							
(سنة)	بدون نمو	٢٪	٤٪	٥٪	٦٪	٧٪	٨٪	١٠٪
١	١,٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠	١,٠٠
٢	٢,٠	٢,٠٢	٢,٠٤	٢,٠٥	٢,٠٦	٢,٠٧	٢,٠٨	٣,١٠
٣	٣,٠	٣,٠٦	٣,١٢	٣,١٥	٣,١٨	٣,٢١	٣,٢٥	٣,٣١
٤	٤,٠	٤,١٢	٤,٢٥	٤,٣١	٤,٣٧	٤,٤٤	٤,٥١	٤,٦٤
٥	٥,٠	٥,٢٠	٥,٤٢	٥,٥٣	٥,٦٤	٥,٧٥	٥,٨٧	٦,١١
٦	٦,٠	٦,٣١	٦,٦٣	٦,٨٠	٦,٩٨	٧,١٥	٧,٣٤	٧,٧٢
٧	٧,٠	٧,٤٣	٧,٩٠	٨,١٤	٨,٣٩	٨,٦٥	٨,٩٢	٩,٤٩
٨	٨,٠	٨,٥٨	٩,٢١	٩,٥٥	٩,٩٠	١٠,٢٦	١٠,٦٤	١١,٤٤
٩	٩,٠	٩,٧٥	١٠,٥٨	١١,٠٣	١١,٤٩	١١,٩٨	١٢,٤٩	١٣,٥٨
١٠	١٠,٠	١٠,٩٥	١٢,٠١	١٢,٥٨	١٣,١٨	١٣,٨٢	١٤,٤٩	١٤,٩٤
١١	١١,٠	١٢,١٧	١٣,٤٩	١٤,٢١	١٤,٩٧	١٥,٧٨	١٦,٦٥	١٨,٥٣
١٢	١٢,٠	١٣,٤١	١٥,٠٣	١٥,٩٢	١٦,٨٧	١٧,٨٩	١٨,٩٨	٢١,٣٨
١٣	١٣,٠	١٤,٦٨	١٦,٦٣	١٧,٧١	١٨,٨٨	٢٠,١٤	٢١,٥٠	٢٤,٥٢
١٤	١٤,٠	١٥,٩٧	١٨,٢٩	١٩,١٦	٢١,٠١	٢٢,٥٥	٢٤,٢١	٢٧,٩٧
١٥	١٥,٠	١٧,٢٩	٢٠,٠٢	٢١,٥٨	٢٣,٢٨	٢٥,١٣	٢٧,١٥	٣١,٧٧
١٦	١٦,٠	١٨,٦٤	٢١,٨٢	٢٣,٦٦	٢٥,٦٧	٢٧,٨٩	٣٠,٣٢	٣٥,٩٥
١٧	١٧,٠	٢٠,٠١	٢٣,٧٠	٢٥,٨٤	٢٨,٢١	٣٠,٨٤	٣٣,٧٥	٤٠,٥٥
١٨	١٨,٠	٢١,٤١	٢٥,٦٥	٢٨,١٣	٣٠,٩١	٣٤,٠٠	٣٧,٤٥	٤٥,٦٠
١٩	١٩,٠	٢٢,٨٤	٢٧,٦٧	٣٠,٥٤	٣٣,٧٦	٣٧,٣٨	٤١,٤٥	٥١,١٦
٢٠	٢٠,٠	٢٤,٣٠	٢٩,٧٨	٣٣,٠٦	٣٦,٧٩	٤١,٠٠	٤٥,٧٦	٥٧,٢٣
٢٥	٢٥,٠	٣٢,٠٣	٤١,٦٥	٤٧,٧٣	٥٤,٨٦	٦٣,٢٥	٧٣,١١	٩٨,٣٥
٣٠	٣٠,٠	٤٠,٥٧	٥٦,٠٨	٦٦,٤٤	٧٩,٠٦	٩٤,٤٦	١١٣,٢٨	١٦٤,٤٩
٣٥	٣٥,٠	٤٩,٩٩	٧٣,٦٥	٩٠,٣٢	١١١,٤٣	١٣٨,٢٤	١٧٢,٣٢	٢٧١,٠٢

• معامل النمو= $\left(R = \frac{(1+r)^{n-1}}{r} \right)$

حيث r = معدل النمو السنوى /١٠٠(لا يساوى صفـر)، n = الفترة التصميميـة بالسنوات

فى حالة معدل النمو السنوى = صفر، فإن معامل النمو = الفترة التصـميمية

جدول (٢-٣): تقدير متوسط حجم المرور اليومى ونسبة النقل على درجات مختلفة من الطرق المصرية

تصنيف الطرق	متوسط حجم المرور اليومى	نسبة مركبات النقل(٪)	أقصى حمل محورى متوقع (طن)	
			مفرد	مزدوج
١ - طرق خلوية :				
أ - رئيسية عالى	٢٠٠٠٠<	٤٠<		
متوسط	٢٠٠٠٠-١٠٠٠٠	٤٠-٢٥	١٠	١٦
منخفض	١٠٠٠٠>	٢٥>		
ب - فرعية عالى	٩٠٠٠<	٤٥<		
متوسط	٩٠٠٠٠-٣٠٠٠	٤٥-٢٥	١٠	١٦
منخفض	٣٠٠٠ >	٢٥ >		
ج - فرعية ثانوية عالى	٧٠٠٠<	٣٠<		
متوسط	٧٠٠٠-٢٠٠٠	٣٠-١٠	٦	١٠
منخفض	٢٠٠٠ >	١٠ >		
٢ - طرق حضرية:				
أ - رئيسية عالى	٢٥٠٠٠ <	٣٥ <		
متوسط	٢٥٠٠٠-١٥٠٠٠	٣٥-٢٠	١٠	١٦
منخفض	١٥٠٠٠>	٢٠ >		
ب - شريانية عالى	١٥٠٠٠<	١٠ <		
منخفض	١٥٠٠٠ >	١٠ >	٦	١٠
ج -تجميعية عالى	٥٠٠٠ <	٥ <		
منخفض	٥٠٠٠ >	٥ >	١٠	–
د - محلية —	٢٠٠٠>	٢>	٦	–

•يجب مراعاة المناطق الخاصة كالموانى والمناطق الصناعية فى فرض نسبة أعلى للنقل.

المصدر: تحليل بيانات وإحصائيات على الطرق المصرية - الهيئة العامة للطرق والكبارى ١٩٩٤.

٢ – ٣ : خواص التربة التأسيسية:

تعتبر طبيعة التربة التأسيسية من أهم العوامل التى تؤثر على التصميم الإنشائي للطرق حيث ثبت ان الكثير من أنواع الانهيارات تحدث بسبب التربة التاسيسية مما يتطلب دراسة خواصها وسلوكها لتحمل أحجام المرور المختلفة بالإضافة الى وزن طبقات الرصف.

٢ – ٣ – ١ : تصنيف التربة التأسيسية :

تتكون التربة بصفة عامة من الزلط والرمل والطمى والطين ، ومعظم أنواع التربة تتكون من خليط من نوعين أو أكثر من المكونات السابقة وقد تحتوى بعضها على كميات من مواد عضوية. ونظرا لاختلاف التربة اختلافا واسعا فقد فقد تم وضع طرق تصنيف مختلفة إلا أن الأكثر استعمالا فى الوقت الحاضر فى مجال تصميم وإنشاء الطرق هى طريقة اتحاد مسئول النقل والطرق الأمريكي (AASHTO) المبينة فى الجدول رقم (٢–٤). وتتطلب هذه الطريقة أجراء التجارب على التربة من حيث التدرج ، حد السيولة ، ومجال اللدونة، ومن ثم يتم تصنيف التربة كما يلى :

أ – يتم تقسيم التربة الى مجموعتين رئيسيتين حسب حجم الحبيبات ، إما خشنة تقل فيها نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠ عن ٣٥٪، أو ناعمة تضم طمى وطين وتزيد نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠ فيها عن ٣٥٪ وهذا يسمى بالتصنيف العام حيث قسمت العينات الى مجموعتين رئيسيتين على نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠ كما هو مبين بالجدول رقم(٢–٤).

ب – إذا كانت نسبة المار من منخل رقم ٢٠٠ أقل من أو تساوى ٣٥٪ فالتربة تقع ضمن المجموعات الحبيبية وهى المجموعة الأولى التى تشمل أ–١ ، أ – ٣ ، أ – ٢ أما إذا زادت عن ٣٥٪ فالتربة تنتمى الى المجموعة الثانية وهى الطمى والطين وتضم أ –٤ ، أ – ٥ ، أ – ٦ ،أ – ٧.

جدول رقم (٢-٤) : تصنيف التربة بطريقة مكتب اتحاد مسئولى الطرق والنقل الامريكى (AASHTO)

التصنيف العام	مواد خشنة (نسبة المار من منخل ٢٠٠<٣٥٪)							مواد ناعمة (نسبة المار من المنخل ٢٠٠>٣٥٪)			
تصنيف المجموعة	أ-١		أ-٣	أ-٢				أ-٤	أ-٥	أ-٦	أ-٧
	أ-١-أ	أ-١-ب		أ-٢-٤	أ-٢-٥	أ-٢-٦	أ-٢-٧				
التدرج الحبيبى نسبة المار من المنخل											
- ٢مم(#١٠)	٥٠ ≥										
- ٠,٤٢٥ مم(#٤٠)	٣٠ ≥	٥٠≥	٥١ ≤								
- ٠,٠٧٥ مم(#٢٠٠)	١٥ ≥	٢٥≥	١٠ ≥	٣٥≥	٣٥≥	٣٥≥	٣٥≥	٣٥<	٣٥<	٣٥<	٣٥<
خصائص للنسبة المارة من المنخل رقم ٤٠											
- حد السيولة	٦ ≥		عديم اللدونة	٤٠ ≥	٤١ ≤	٤٠ ≥	٤١ ≤	٤٠ ≥	٤١ <	٤٠ >	٤١<
- مجال اللدونة				١٠ ≥	١٠ ≥	١١ ≤	١١ ≤	١٠ >	١٠ >	١١ <	١١ <
توصيف مكونات المواد	زلط ورمل		رمل ناعم	زلط ورمل به نسبة من الطمى والطين				تربة طميية		تربة طينية	

جـ - بعد تحديد المجموعة يتم تصنيف التربة داخل المجموعة الأولى بمعرفة التدرج الحبيبي وحد السيولة ومجال اللدونة، أما التصنيف داخل المجموعة الثانية فيتوقف على حد السيولة ومجال اللدونة، فقط ويمكن تصنيفه من الشكل رقم (٢-١).

د - يتم أيجاد معامل المجموعة (Group Index) طبقا للمعادلة الآتية:

$$GI = (F - 35)\ \{0.2 + 0.005(L.L - 40)\} + 0.01\ (F - 15)(P.I - 10)$$

حيث

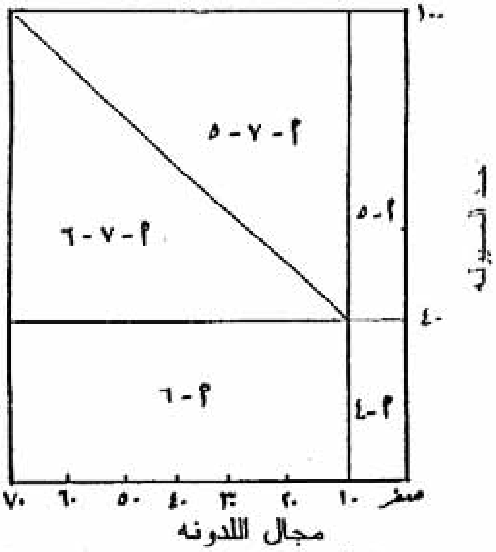
GI = معامل المجموعة

F = النسبة المئوية للمار من منخل رقم ٢٠٠ (معبرا عنه برقم كامل وأقل قيمة له صفر)

L.L = حد السيولة

P.I = مجال اللدونة

ويستخدم معامل المجموعة للتمييز بين جودة التربة داخل نفس تصنيف التربة ، فكلما قل معامل المجموعة كانت التربة أفضل.



شكل رقم (٢-١): تصنيف التربة للمواد الناعمة

وصف تصنيف المجموعتين

- المجموعة الأولى (أ -١ ، أ - ٢ ، أ - ٣) :

تعتبر تربة جيدة التدرج مكونة من زلط خشن وناعم وافضلها التربة (أ -١-أ) أما التربة (أ-٣) فهى مكونة من رمال ناعمة ولا تدمك إلا بالهزازات ويجب عمل الاحتياطات اللازمة عند استعمالها لحماية الجوانب من التآكل وتنقسم التربة (أ-٢) الى مجموعتين (أ-٢-٤ ، أ-٢-٥) وهى تربة زلطية تحتوى على نسبة من الطمى لها خصائص التربة (أ-٤ ، أ-٥) من المجموعة الثانية ، وكذلك (أ-٢-٦ ، أ-٢-٧) ، تحتوى على نسبة من الطين ولها خصائص تشبه خصائص التربة (أ-٦) ، (أ-٧) من المجوعة الثانية.

- المجموعة الثانية (أ - ٤ ، أ - ٥ ، أ - ٦ ،أ - ٧)

وهى تربة ناعمةٍ تقل جودتها كلما زاد الرقم. والتربة (أ-٤، أ-٥) تعتبر طمى ، ولا يصلح استخدام التربة (أ-٥) كتربة تأسيس ألا بعد معالجتها. أما التربة (أ-٦، أ-٧) فهى تربة طينية قوة تحملها ضعيفة ومعرضة للتغير فى الحجم خاصة إذا تعرضت للمياه ولاتصلح كتربة تأسيسية للطرق الرئيسية إلا إذا عولجت وتم تحديد مقاومتها بعد المعالجة، كما يجب استبعاد التربة الغير متجانسة ذات القابلية للانتفاش.

٢-٣-٢ : اعتبارات التصميم للتربة التأسيسية:

يجب إجراء دراسات جيولوجية ودراسات للتربة والمواد أثناء عمليات المسح والتصميم ودراسة الجدوى الاقتصادية للتأكد من صلاحية الأرض للحفر والردم وإنشاء الطريق بالإضافة الى صلاحية المواد الموجودة لانشاء الجسم الترابى للطريق ورصفة. كما يجب إجراء اختبارات معملية على المواد لتحديد خواصها فاذا ثبت ان المواد غير مناسبة فيمكن تعديل مسار الطريق او دراسة تحسين التربة بتثبيتها او إحضار مواد من خارج المنطقة. وحيث ان التكاليف تتأثر

بخصائص المواد وطبيعة المنطقة والمشاكل التى تعترضها والحلول المقترحة لذلك يجب عمل الدراسات الحقلية والمعملية آلتى بيانها:

٢-٣-٢-١ : تؤخذ عينات كل كيلو متر على الأقل من الطريق فى حالة تجانس نوع التربة وعند كل تغيير فى نوع التربة وبحد أدنى ٦(ستة) عينات وذلك بعد تحديد المسار النهائى على منسوب من صفر الى ٥٠ سم من منسوب سطح طبقة التأسيس، وإذا كان ستستخدم متارب أو مواد منقولة فى إنشاء طبقة التأسيس فانه يلزم اخذ عينات منها.

ويجب إجراء التجارب المعملية والحقلية التالية على العينات:

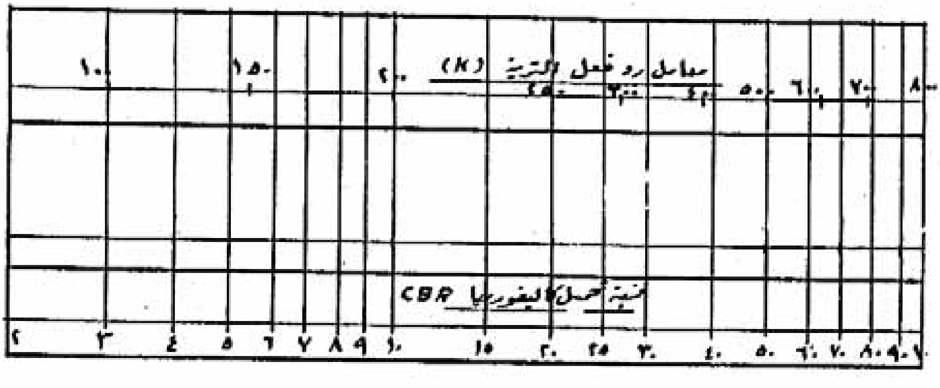
- التحليل المنخلى للمواد الغليظة والرفيعة وإيجاد النسبة النهائية للمار من منخل ٢٠٠.
- حد السيولة ومعامل اللدونة للتربة.
- الكثافة القصوى ونسبة المياه الاصولية بتجربة بروكتور للتربة المتماسكة.
- تجربة الكثافة النسبية للتربة الغير متماسكة.
- نسبة الرطوبة الطبيعية للتربة على عمق ١ -١,٥ متر.
- نسبة تحمل كاليفورنيا (C B R) لعينات التربة المدموكة فى المعمل بعد غمرها لمدة أربعة أيام ونسبة الانتفاش والمواد العضوية.
- معامل رد فعل التربة التأسيسية(K) للتربة فى الطبيعة فى حالة تصميم الرصف الصلب.

ويبين الجدول رقم (٢-٥) حدود قيمة (K) وكذلك نسبة تحمل كاليفورنيا (C B R) المقابلة لكل مستوى. ويرجع فى طريقة قياس هذا المعامل (K) الى الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الأساسات ، الجزء الأول: دراسة الموقع بند (١-٥-٥) ومن الممكن تقدير هذا المعامل من الشكل رقم (٢-٢) بمعرفة نسبة تحمل كاليفورنيا (C B R).

جدول رقم (٢-٥) : مستوى التربة وحدود قيم معامل رد فعل التربة (K) ونسبة تحمل كاليفورنيا(C B R) .

مستوى تحمل التربة	حدود قيم معامل رد فعل التربة (K)		حدود قيم نسبة تحمل كاليفورنيا(٪) (C B R)
	رطل/ بوصة٣	كجم/سم٣	
منخفض	٧٥ -١٢٠	٢-٣	٣-٥
متوسط	١٣٠ - ١٧٠	٣,٥-٤,٥	<٥-٩
عالي	١٨٠ - ٢٢٠	٥,٠-٦,٠	<٩-٢٠
عالي جدا	٢٣٠ - ٤٠٠	٦,٢-١٠	<٢٠

المصدر : تحليل نتائج التجارب المعملية للعديد من الطرق المصرية
(الهيئة العامة للطرق والكبارى)



شكل (٢-٢): علاقات ارتباط تقريبية بين مقاييس قوى التربة

٢-٣-٢-٢ : خواص مواد الجسر:

- يفضل ان تكون تربة الجسر متجانسة وقابليتها للانتفاش لا تزيد عن ٣٪ أما بالنسبة للطبقة التأسيسية فإذا زادت نسبة الانتفاش لها عن ٢٪ يتم التعامل معها بأحد البدائل الآتية:

أ - الردم بكميات من المواد النظيفة فوق التربة المعيبة وبالسمك الذى يقلل الانتفاش الى ٢٪ مع عمل الحماية اللازمة لجوانب الردم.

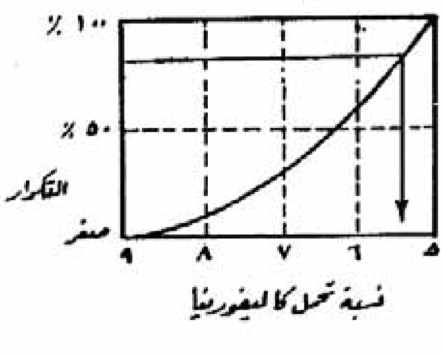
ب - إحلال سمك من التربة يتناسب مع كميات المواد اللازمة لتقليل الانتفاش الى ٢٪ ولا يلزم حماية الجوانب في هذه الحالة.

جـ - تحسين التربة الطبيعية باستخدام مواد تثبيت مثل الجير والأسمنت وغيرها من المواد الكيماوية المناسبة لكل نوع تربة مع ضرورة إجراء الاختبارات المعملية اللازمة لذلك حسب نوع التربة وتركيبها.

- تحدد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا التى تستخدم فى التصميم على أنها القيمة التى لا يقل عنها نسبة تحمل كاليفورنيا فى العينات المأخوذة الا بنسبة من ١٠٪ الى ٢٠٪ تبعا لدرجة الطريق وذلك للقطاعات المتجانسة من تربة الطريق ويتم ذلك عن طريق عمل منحنى متجمع صاعد لقيم نسبة تحمل كاليفورنيا مع تكرار الحصول عليها وتأخذ القيمة المقابلة لنسبة ٨٠-٩٠٪ من التكرار.

مثال:

يوضح الشكل المقابل ان نسبة تحمل كاليفورنيا لنسبة ٨٠٪ من العينات = ٥,٤٪



ويجب الا تقل نسبة تحمل كاليفورنيا (C B R) للتربة التأسيسيه عن ٣٪.

- يجب الاعتناء بالمناطق الانتقالية من الحفر الى الردم بطول من ١٠ الى ١٥ متر لتخفيف الاجهادات غير المتساوية حيث يجب ان تكون درجة الدمك متساوية فى الحفر والردم وبعمق ٧٥سم.

- يجب الاهتمام بتصريف المياه الجوفية والسطحية مع رفع الجسر بارتفاع من ١-١,٢ متر عن أعلى منسوب لمستوى المياه الجانبية.

٢-٣-٣ التربة التأسيسية للرصف الصلب

تقاس قوة تحمل التربة التأسيسية لغرض تصميم الرصف الصلب بمعامل رد فعل التربة (K) ويرجع فى طريقة قياس هذا المعامل الى "الكود المصرى لميكانيكا التربة وتصميم وتنفيذ الاساسات، الجزء الأول : دراسة الموقع بند (١-٥-٥) ومن الممكن تقدير هذا المعامل من الشكل رقم (٢-٢) بمعرفة نسبة تحمل كاليفورنيا. ويجب تجنب تصميم الرصف على التربة التى تحتوى على نسبة مواد عضوية أعلى من ٥٪ وكذلك تجنب التربة ذات اللدونة العالية المصنفة (أ-٧) حسب تصنف طريقة اتحاد مسئولى النقل والطرق الأمريكية (AASHTO) ،أو ذات معامل رد فعل أقل من ٢كجم/سم٣ وفى هذه الحالات يتم إحلال التربة الغير صالحة بتربة أخرى جيدة لعمق يساوى سمك الطبقة الغير صالحة أو ١,٥ متر أيهما أقل. وفى حالة وجود تربة ذات رد فعل بين ٢-٤كجم/سم٣ يجب استخدام طبقة أساس مساعد حصوية تحت البلاطة الخرسانية وتسمى بطبقة الأساس المساعد ، وفى حالة إستخدام طبقة أساس مساعد يستخدم معامل رد فعل تصميمى بما يعتمد على قوة هذه الطبقة وسمكها كما هو مبين بالجدول رقم (٢-٦).

جدول(٢-٦-أ): تأثير طبقة الأساس المساعد الغير معالج على قيمة معامل رد فعل التربة المستخدم فى التصميم

قيمة (K) للتربة التأسيسية		قيمة (K) للأساس المساعد (رطل/بوصة٣)				
رطل/بوصة٣	كجم/سم٣	سمك الطبقة	١٠سم	١٥سم	٢٢,٥سم	٣٠سم
٥٠	١,٤		٦٥	٧٥	٨٥	١١٠
١٠٠	٢,٧		١٢٠	١٤٠	١٦٠	١٩٠
٢٠٠	٥,٤		٢٢٠	٢٣٠	٢٧٠	٣٢٠
٣٠٠	٨,١		٣٢٠	٣٢٠	٣٧٠	٤٣٠

جدول (٢-٦-ب): تأثير استخدام طبقة أساس مساعد معالج بالأسمنت على قيمة معامل رد فعل التربة المستخدم في التصميم

قيمة (K) للتربة التأسيسية		قيمة (K) للأساس المساعد (رطل/بوصة٣)				
رطل/بوصة٣	كجم/سم٣	سمك الطبقة	١٠سم	١٥سم	٢٢,٥سم	٣٠سم
٥٠	١,٤		١٧٠	٢٣٠	٣١٠	٣٩٠
١٠٠	٢,٧		٢٨٠	٤٠٠	٥٢٠	٦٤٠
٢٠٠	٥,٤		٤٧٠	٦٤٠	٨٣٠	–

٢-٤: اعتبارات التصميم لطبقات الرصف:

٢-٤-١: طبقة الأساس والأساس المساعد الحصوية:

يتوقف التصميم الانشائى لطبقات الرصف المختلفة على تصنيف الطرق وكذلك تصنيف أحجام وأحمال المرور بالإضافة الى طبيعة المواد المكونة لكل طبقة وخصائصها قبل وبعد إنشاء الطرق.

أ - طبقة الأساس المساعد الحصوية:

وتتكون من حصى صلب غليظ ورفيع او مخلفات المحاجر والمواد الرابطة اللازمة لملئ الفراغات والتى تكون فى مجموعها خليطا متجانسا متدرجا وتستخدم طبقات الأساس المساعد فى الحالات التالية:

- رفع منسوب الرصف لإبعاده عن المياه الجوفية.
- حماية التربة التأسيسية من الأحمال الثقيلة.
- صرف المياه.
- منع تأثير التغيرات للتربة التأسيسية على الرصف مثل التمدد والانكماش.
- منع تأثير صعود المياه بالخاصية الشعرية.

مواصفات طبقة الأساس المساعد الحصوية:-

- يجب الا يزيد أقصى حجم للحبيبات عن ٢,٥ بوصة وبحيث لا يتعدى ثلثى سمك الطبقة بعد دمكها.
- تتكون من مواد اقل جودة من مواد تربة الأساس.
- كميات التربة الناعمة فيها اقل ما يمكن.
- لا تقل نسبة تحمل كاليفورنيا عن ٢٠.
- لا يزيد حد السيولة عن ٣٠٪ ومجال اللدونة عن ٨٪.
- لا يزيد المكافئ الرملى عن ٢٥٪.

- ان يكون تدرجها مطابقا لمواصفات الهيئة العامة للطرق والكبارى عام ١٩٩٠ (مادة ٧٥,٠٢) أو المواصفات الخاصة بالمشروع.

ب – طبقة الأساس:

- تقوم طبقة الأساس بتوزيع ونقل الأحمال الى طبقة الأساس المساعد و/او التربة التأسيسية بالإضافة الى تصريف المياه من أعلى الى أسفل ويجب أن تحقق طبقة الأساس المواصفات التالية:
- تحدد نسبة تحمل كاليفورنيا (C B R) حسب القيمة التصميمية على ألا تقل عن ٥٠٪.
- التدرج الحبيبى حسب مواصفات الهيئة العامة للطرق والكبارى (بند٨١,٠٢).
- التدرج الحبيبى حسب مواصفات الهيئة العامة للطرق والكبارى (بند ٨١,٠٢).
- تكون جميع المواد خالية من المواد العضوية والكرات أو التجمعات الطينية.
- لا يزيد حد السيولة عن ٢٥٪ ومجال اللدونة عن ٦٪.
- لا تزيد نسبة الفاقد فى جهاز لوس أنجلوس عن ٥٠٪ طبقا للاختبار القياسى.
- لا تزيد نسبة الامتصاص للمياه بعد ٢٤ ساعة عن ١٠٪ للمواد الغليظة، ولا تزيد نسبة التفتت عن ٥٪.

أنواع طبقات الأساس

- حصويات الأحجار الصلبة ناتج تكسير الكسارات.
- حصى طبيعى صلب حاد الزوايا.
- فى حالة ارتفاع المياه الجوفية بالمنطقة وبغرض حماية طبقات الرصف يمكن استخدام رقائق من النسيج الصناعى يتبعه طبقة ترشيح من الركام المتدرج (مفتوح التدرج).

٢-٤-٢ طبقة الأساس المساعد للرصف الخرسانى:

تنشأ طبقة أساس الرصف الخرساني فوق طبقة التأسيس وتحت البلاطة الخرسانية من التربة الزلطية أو الخليط من الزلط والرمل المتدرج أو المواد الحجرية المكسرة المتدرجة ويصير تسويتها وهرسها جيدا بسمك يتراوح بين ١٠:١٥سم بعد الهرس وبعرض يزيد حوالى متر من كل جانب عن عرض البلاطة الخرسانية وذلك لإيجاد مكان ثابت قوى تحت جوانب الشدة.

دواعى الاستخدام:

تستخدم طبقة الأساس المساعد تحت البلاطة الخرسانية للأسباب الآتية:

١ - التحكم فى ظاهرة ضخ المياه عند الفواصل.

٢ - تحسين خواص الصرف.

٤ - التحكم فى انكماش وانتفاخ تربة الطبقة التاسيسية.

٥ - تسهيل أعمال تسوية الأتربة والإنشاء.

٢-٤-٣ الخرسانة الأسمنتية :

يتم اختيار مواد الخرسانة الأسمنتية من الأسمنت والركام (المواد الرفيعة والغليظة) وماء الخلط وحديد التسليح والإضافات بالرجوع الى المصادر الآتية:

أ - المواصفات القياسية المصرية بنود:

م.ق.م	١٩٨٤/٢٧٣	م.ق.م	١٩٧٩/١٤٥٠	م.ق.م	١٩٦٩/٩٧٤
م.ق.م	١٩٨٦/٥٨٣	م.ق.م	١٩٦٤/٥٤١	م.ق.م	١٩٧٠/١٠٣١
م.ق.م	١٩٧١/١١٠٩	م.ق.م	١٩٧٤/٢٦٢	م.ق.م	١٩٨٦/١٦١٨
م.ق.م	١٩٨٨/١٦٥٨				

ب - المواصفات القياسية للطرق والكبارى ١٩٩٠ مواد:٩٦,٠١ الى ٩٦,٠٣.

جـ - الكود المصرى لتصميم وتنفيذ المنشآت الخرسانية المسلحة ١٩٨٩ الباب الثاني.

على أن يراعى ما يصدر من تعديلات بشأن المصادر السابقة وما يأتى فى الفقرات التالية .

الركام:

المواد الرفيعة من الركام: معامل النعومة ويتراوح بين ٢,٣ - ٣,١.

المواد الغليظة من الركـام : القطـع الرفيعة والمستطيلة لا تزيد عن ١٥٪ من وزن المواد الغليظة.

الخلطة الخرسانية : يجب أن تحتوى الخلطة الخرسانية على محتوى الهواء بما لا يقل عن ٢٪ ولا يزيد عن ٤٪ ويتم تصميم الخلطـة الخرسـانية لغـرض الرصف الصلب لتحقيق مستوى مقاومة الانحناء التصميمى، وعلى ان يكون المقاس الاعتبارى الأكبر للركام لا يقل عن ثلث سمك بلاطه الرصف الخرسانية وان يكون قوام الخلطة الخرسانية مقاسا بتكوم الخلطـة فى حدود من ٥٢ الى ٧٥مم ولا يجوز ان يختلف بأكثر من ٢٥مم من خلطة الى أخرى . وعند الضرورة وفى حالة عدم توافر بيانات خليط من تصميم المختبر يمكن استخدام الجدول رقم(٢-٧) للخلطات الخرسانية الاسترشادية المستخدمة فى الرصف.

(يستخدم هذا الجدول للاسترشاد فقط ويجب أجراء تجارب معملية للوصول الى الخلطة الخرسانية المناسبة للركام والأسمنت المستخدم).

جدول (٢-٧): الخلطات الخرسانية الاسترشادية المستخدمة فى الرصف

رتبة الخرسانة	المقاس الاعتبارى الأكبر للركام(مم)	الحد الأدنى لمحتوى الأسمنت كجم/م٣	الماء (لتر/م٣)	وزن الركام الناعم كجم/م٣	وزن الركام الخشن كجم/م٣
الركام الغليظ(المستدير)					
أ	١٠	٤٠٠	١٨٠	٦٧٠	٩٤٠
ب	٢٠	٣٥٠	١٦٥	٥٧٠	١٢٠٠
جـ	٤٠	٣٢٥	١٤٥	٥٧٥	١٣١٠
د	٦٠	٣٠٠	١٤٠	٦٢٥	١٣١٠
الركام الغليظ ذو زوايا (مكسر)					
أ	١٠	٤٠٠	١٩٦	٧٥٠	٨٤٥
ب	٢٠	٣٥٠	١٧٩	٦٣٨	١١١٨
جـ	٤٠	٣٢٥	١٦١	٦٤٤	١٢٢٥
د	٦٠	٣٠٠	١٥٢	٧٠٠	١٢٢٣

٢-٤-٤ طبقات الرصف الإسفلتية:

تتكون خلطة الرصف الإسفلتية من الركام والإسفلت المخلوط على الساخن أو البارد.

١ - الخلطات الإسفلتية على الساخن:

تستخدم طريقة مارشال فى تصميم الخلطات الإسفلتية على الساخن لمختلف المخلوطات الإسفلتية فيما عدا مخلوط الرمل على الساخن فتستخدم طريقة هبرد فيلد (Hubberd Field) أو اى طريقة أخرى تثبت صلاحيتها ويجب ان تطابق المواصفات الخاصة بالمواد والخلطة مع تلك الواردة بالمواصفات القياسية للهيئة

العامة للطرق والكبارى سنة ١٩٩٠، ويمكن استخدام مخلوط المكدام السابق الخلط طبقا لمواصفات الهيئة العامة للطرق والكبارى لسنة ١٩٩٠.(بند ٩٣).

٢ - الخلطات الإسفلتية على البارد:

تتكون الخلطات الإسفلتية على البارد من كسر الأحجار والرمل والإسفلت السائل، ويجب ان يشتمل هذا النوع من المخلوطات على نسبة كبيرة من الفراغات كما يجب مراعاة ان يكون تدرج الخلطة مفتوح نسبيا لكى يسمح للمذيب الموجود فى الإسفلت بالتبخر، ويتم وضع طبقة دهان إسفلتي من الإسفلت السائل والرمل وبعد بضعة أسابيع من فرش المخلوط لمنع تسرب المياه من السطح الى الأساس، ولا يسمح بوضع هذه الطبقة ألا بعد تمام تماسك المخلوط.

وتستخدم طريقة معامل المساحة السطحية فى تصميم الخلطات الإسفلتية على البارد. كما هو وارد بالمواصفات القياسية للطرق- الهيئة العامة للطرق والكبارى ١٩٩٠(بند٩٤).

٣ - المعالجة السطحية:

يستخدم أسلوب المعالجة السطحية كبديل مرحلى لإنشاء الطرق ذات المرور الخفيف كما يستخدم أحيانا كنوع من أنواع الصيانة للطرق المرصوفة القديمة وذلك كحل مؤقت قبل أعمال الصيانة الجسيمة ، ويتم استخدام المعالجة السطحية كطبقة واحدة أو طبقتين أو ثلاثة طبقات.

يستخدم أعمال المعالجة السطحية أحد أنواع الإسفلت السائل مثل الدرجات المختلفة للإسفلت بطئ التطاير أو المستحلب الإسفلتي ويتم الرش على أسطح الطرق القديمة بمعدل يعتمد على حالة الإسفلت بها، كما يعتمد نفس المعدل على خصائص المواد المستخدمة للطرق حديثة الإنشاء ويرتبط ذلك بأسس التصميم العملية المتعارف عليها والتى غالبا ما ترتبط بالمساحة السطحية للمواد.

فـى حالـة استخدام أسلوب المعالجـة السـطحية بـأكثر مـن طبقـة للطـرق حديثـة الإنشاء يفضل تأخير وضع الطبقة الثانية لفترة تصل الى ثلاثة أسابيع بعد فـرش الطبقة الأولى وفتحها للمـرور، مـع ضـرورة تنظيـف سـطح الطبقـة قبـل عمليـة الفرش الثانية ، ويتم فـرش الإسفلت السـائل والركـام تبعـا للمواصفـات القياسـية للطرق – الهيئة العامة للطرق والكبارى ١٩٩٠(بند٩٢).

٣ – تصميم الرصف المرن:

٣ - ١: الأحمال التصميمية:

عند تصميم اى طريق يجب ان تكون بيانات أحجام وأحمال المرور متوافرة كما سبق توضيحه فى البند(٢-٢) وبمعرفة هذه البيانات يمكن حساب الأحمال التصميمية.

٣-١-١ : الحمل المكافئ لمحور مفرد:

يعرف الحمل المكافئ لمحور مفرد علي انه حمل على محور مفرد يسبب آثرا فى الرصف عند موضع محدد فيه مساويا لما يسببه حمل محور تصميمى فى نفس الموضع المحدد.

٣-١-٢ :معامل حمل المحور المكافئ:

المعامل المكافئ لحمل المحور لمركبة ما يحدد نسبة التأثير لكل مرة تمر فيها المركبة علي رصف معين الى التأثير الذى يحدثه مرور الحمل المحورى القياس على نفس الرصف.

ويتم التعبير عن عدد مرات التكرار للحمل الذى يؤدى الى وصول الرصف لنهايته المقبولة بصلابة طبقة الرصف وخواص الأحمال ومستوى الخدمة.

ويتم التعبير عن صلابة طبقات الرصف بالرقم الانشائى (SN) ويكون مستوى الخدمة النهائى (PT)للطرق الرئيسية (ذات المرور الثقيل) =٢,٥ ، وللطرق المحلية (ذات المرور المتوسط) =٢,١ وللطرق الثانوية (ذات المرور الخفيف)١,٥، اما المحور القياسى فهو ١٨٠٠٠ رطل (٨,٢ طن) محور مفرد، ويوضح جدول (٣-١) قيم المعاملات المكافئة لأحمال المحاور المختلفة.

وباستخدام قيم المعاملات المكافئة لأحمال المحاور التى تمر على الطريق خلال الفترة التصميمية ، وتبعا لمعامل النمو، وحجم المرور اليومى مصنفا حسب نوع

المركبات ونسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية ويتم حساب قيمة الحمل التصميمى المكافئ على الطريق من العلاقة التالية:

إجمال الأحمال المكافئة = $365x(LFx\%A)xTxGFxADT$

حيث:

ADT = متوسط حجم المرور اليومى.

%A = النسبة المئوية للحمل المحورى(س)

GF = معامل النمو فى أحجام المرور.

T = نسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية.

LF = معامل الحمل المكافئ للحمل المحورى (س) (جدول ٣-١).

جدول (٣-١) : المعاملات المكافئة لأحمال المحاور المختلفة

حمل المحور الإجمالي		معاملات الحمل المكافئ		حمل المحور الإجمالي		معاملات الحمل المكافئة	
كيلو نيوتن	رطل	محاور مفردة	محاور ترادفية	كيلو نيوتن	رطل	محاور مفردة	محاور ترادفية
٤,٤٥	١٠٠٠	٠,٠٠٠٠٢		١٨٢,٥	٤١,٠٠٠	٢٣,٢٧	٢,٢٩
٨,٩	٢٠٠٠	٠,٠٠٠٠٨		١٨٣,٠	٤٢,٠٠٠	٢٥,٤٦	٢,٥١
١٣,٣٥	٣٠٠٠	٠,٠٠٠٧٢		١٩١,٣	٤٣,٠٠٠	٢٨,٢٢	٢,٧٥
١٧,٨	٤٠٠٠	٠,٠٠٢٠٩		١٩٥,٧	٤٤,٠٠٠	٣١,٠٠	٣,٠٠
٢٢,٢٥	٥٠٠٠	٠,٠٠٥٠٠		٢٠٠,٠	٤٥,٠٠٠	٢٤,٠٠	٣,٢٧
٢٦,٧	٦٠٠٠	٠,٠١٠٤٣		٢٠٤,٥	٤٦,٠٠٠	٣٧,٢٤	٣,٥٥
٣١,١٥	٧٠٠٠	٠١٩٦.		٢٠٩,٠	٤٧,٠٠٠	٤٠,٧٤	٣,٨٥
٣٥,٦	٨٠٠٠	٠٣٤٣.		٢١٣,٥	٤٨,٠٠٠	٤٤,٥٠	٤,١٧
٤٠,٠٠	٩٠٠٠	٠٥٩٢.		٢١٨,٠	٤٩,٠٠٠	٤٨,٥٤	٤,٥١
٤٤,٥	١٠٠٠٠	٠٨٧٧.		٢٢٢,٤	٥٠,٠٠٠	٥٢,٨٨	٤,٨٦
٤٨,٩	١١٠٠٠	٠,١٣١١	٠,٠١٠٠٨	٢٢٦,٨	٥١,٠٠٠		٥,٢٣
٥٣,٤	١٢٠٠٠	٠,١٨٩	٠,٠١٤٤	٢٣١,٣	٥٢,٠٠٠		٥,٦٣
٥٧,٨	١٣٠٠٠	٠,٢٦٤	٠,٠١٩٩	٢٣٥,٧	٥٣,٠٠٠		٦,٠٤
٦٢,٣	١٤٠٠٠	٠,٣٦٠	٠,٠٢٧٠	٢٤٠,٢	٥٤,٠٠٠		٦,٤٧
٦٦,٧	١٥٠٠٠	٠,٤٧٨	٠,٠٣٦٠	٢٤٤,٦	٥٥,٠٠٠		٦,٩٣
٧١,٢	١٦٠٠٠	٠,٦٢٣	٠,٠٤٧٢	٢٤٩,٠	٥٦,٠٠٠		٧,٤١
٧٥,٦	١٧٠٠٠	٠,٧٩٦	٠,٦٠٨	٢٥٣,٥	٥٧,٠٠٠		٧,٩٢
٨٠,٠	١٨٠٠٠	١,٠٠٠	٠,٠٧٧٣	٢٥٨,٠	٥٨,٠٠٠		٨,٤٥
٨٤,٥	١٩٠٠٠	١,٢٤	٠,٠٩٧١	٢٦٢,٥	٥٩,٠٠٠		٩,٠١
٨٩,٠	٢٠٠٠٠	١,٥١	٠,١٢٠٦	٢٦٧,٠	٦٠,٠٠٠		٩,٥٩
٩٣,٤	٢١٠٠٠	١,٨٣	٠,١٤٨	٢٧١,٣	٦١,٠٠٠		١٠,٢٠
٩٧,٨	٢٢٠٠٠	٣,٨١	٠,١٨٠	٢٧٥,٨	٦٢,٠٠٠		١٠,٨٤
١٠٢,٣	٢٣٠٠٠	٢,٥٨	٠,٢١٧	٢٨٠,٢	٦٣,٠٠٠		١١,٥٢
١٠٦,٨	٢٤٠٠٠	٣,٠٣	٠,٢٦٠	٢٨٤,٥	٦٤,٠٠٠		١٢,٢٢
١١١,٢	٢٥٠٠٠	٣,٥٣	٠,٣٠٨	٢٨٩,٠	٦٥,٠٠٠		١٢,٩٦
١١٥,٦	٢٦٠٠٠	٤,٠٩	٠,٣٦٤	٢٩٣,٥	٦٦,٠٠٠		١٣,٧٣
١٢٠,٠	٢٧٠٠٠	٤,٧١	٠,٤٢٦	٢٩٨,٠	٦٧,٠٠٠		١٤,٥٤
١٢٤,٥	٢٨٠٠٠	٥,٣٩	٠,٤٩٥	٣٠٢,٥	٦٨,٠٠٠		١٥,٣٨
١٢٩,٠	٢٩٠٠٠	٦,١٤	٠,٥٧٢	٣٠٧,٠	٦٩,٠٠٠		١٦,٢٦
١٣٣,٥	٣٠٠٠٠	٦,٩٧	٠,٦٥٨	٣٣١,٥	٧٠,٠٠٠		١٧,١٩
١٣٨,٠	٣١٠٠٠	٧,٨٨	٠,٧٥٣	٣١٦,٠	٧١,٠٠٠		١٨,١٥
١٤٢,٣	٣٢٠٠٠	٨,٨٨	٠,٨٥٧	٣٢٠,٠	٧٢,٠٠٠		١٩,١٦
١٤٦,٨	٣٣٠٠٠	٩,٩٦	٠,٩٧١	٣٢٥,٠	٧٣,٠٠٠		٢٠,٢٢
١٥١,٢	٣٤٠٠٠	١١,١٨	١,٠٩٥	٣٢٩,٠	٧٤,٠٠٠		٢١,٣٢
١٥٥,٧	٣٥٠٠٠	١٢,٥٠	١,٢٣	٣٣٣,٥	٧٥,٠٠٠		٢٢,٤٧
١٦٠,٠	٣٦٠٠٠	١٣,٩٣	١,٣٨	٣٣٨,٠	٧٦,٠٠٠		٢٣,٦٦
١٧٣,٥	٣٧٠٠٠	١٥,٥٠	١,٥٣	٣٤٢,٥	٧٧,٠٠٠		٢٤,٩١
١٧٨,٠	٣٨٠٠٠	١٧,٢٠	١,٧٠	٣٤٧,٠	٧٨,٠٠٠		٢٦,٢٢
	٣٩٠٠٠	١٩,٠٦	١,٨٩	٣٥١,٥	٧٩,٠٠٠		٢٧,٥٨
	٤٠٠٠٠	٢١,٠٨	٢,٠٨	٣٥٦,٠	٨٠,٠٠٠		٢٨,٩٩

المصدر : AASHTO دليل اشتو لتصميم بنية الرصف - ١٩٧٢

* الطن (مترى)=٢٢٠٤,٦٢ رطل.

٣-٢: عناصر التصميم:

٣-٢-١ التربة التأسيسية:

تعتبر خواص التربة التأسيسية هى الأساس لحساب سمك القطاع الإنشائي ، وعموما يفضل التعامل معها بالوضع الذى توجد عليه مع وضع قطاع إنشائي مناسب لذلك ويفضل ان تكون التربة متجانسة وقابليتها للانتفاش منعدمة ولكن ذلك لا يمنع استخدام التربة ذات الانتفاش إذا ما اتخذت الاحتياطات الفنية اللازمة لذلك وفى حالة وجود انتفاش بالطبقة التاسيسية يزيد عن ٢٪ ويتم التعامل مع التربة بأحد البدائل المذكورة فى بند (٢-٣-٢-٢) ويتم تحديد مقاومة التربة التاسيسية باستخدام اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) فى المعمل على عينات من قطاع الطريق يتم دمكها عند محتوى الرطوبة الأصولية وأقصى كثافة جافة باستخدام طريقة بروكتور القياسية او المعادلة ويتم اختبار نسبة تحمل كاليفورنيا بعد الغمر لمدة أربعة أيام.

تحدد قيمة نسبة تحمل كاليفورنيا التى تستخدم فى التصميم على أنها القيمة التى يقل عنها نسبة تحمل كاليفورنيا في العينات المأخوذة إلا بنسبة ١٠الى٢٠٪ فقط وذلك للقطاعات المتجانسة من تربة الطريق كما جاء بالبند (٢-٣-٢-٢).

٣-٢-٢ تحليل بيانات المرور:

يتم عمل تحليل لبيانات حصر المرور للوصول الى الأحمال التصميمية على الطريق(كما هو موضح بالبند رقم٢-٢).

٣-٢-٣ تأثير العوامل البيئية:

تؤثر العوامل البيئية تأثيرا كبيرا على أداء مواد إنشاء الطريق ومن ثم على حالتها الإنشائية خلال العمر الافتراضى له . ولذلك يلزم التعرف على هذه

العوامل حتى يمكن أخذها في الاعتبار عند التصميم ومن العوامل المناخية المؤثرة درجة الحرارة التي تؤثر بدرجة كبيرة على أداء طبقات الرصف الإسفلتية ، وكذلك الأمطار والمياه الجوفية والصقيع أثرها على تشبع طبقات الرصف المختلفة ابتداء من تربة التأسيس وما فوقها من طبقات أساس مساعد وأساس. ولذلك فانه يلزم تحديد تأثير كل من هذه العوامل على القطاع الانشائي الذي سيتم تصميمة حسب الظروف البيئية بالمنطقة الواقع بها الطريق.

٣-٣: طريقة التصميم:

يجب تحديد الخصائص التالية عند تصميم الرصف المرن طبقا للطريقة الواردة في هذا الكود والمأخوذة عن طريق اتحاد مسئولي النقل والطرق الأمريكي (AASHTO).

٣-٣-١ معامل المرونة الرجوعي (Mr) :

يعتبر معامل المرونة الرجوعي مقياسا لمقاومة اى طبقة من طبقات القطاع الانشائي للرصف والتي يمكن تحديدها بدء من طبقات تربة التأسيس فالأساس المساعد ثم الأساس فطبقات الرصف الإسفلتية، ويتم إيجاد قيمة هذه المعامل عن طريق إجراء التجارب المعملية المناسبة لكل طبقة وحسب نوع المواد المستخدمة في هذه الطبقات.

وعموما في حالة عدم إجراء مثل هذه التجارب يمكن تقدير قيمة تقديرية لهذه المعاملات بناء على نتائج اختبارات نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) والتي تعتبر من التجارب الشائعة في معظم معامل الطرق. فبالنسبة لطبقة تربة التأسيس تكون العلاقة بين معامل المرونة الرجوعي (Mr) ونسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) كالآتي :

$$Mr = 1500 \times CBR \qquad psi$$
$$= 10340 \times CBR \qquad Kpa$$

العوامل حتى يمكن أخذها فى الاعتبار عند التصميم ومن العوامل المناخية المؤثرة درجة الحرارة التى تؤثر بدرجة كبيرة على أداء طبقات الرصف الإسفلتية ، وكذلك الأمطار والمياه الجوفية والصقيع أثرها على تشبع طبقات الرصف المختلفة ابتداء من تربة التأسيس وما فوقها من طبقات أساس مساعد وأساس. ولذلك فانه يلزم تحديد تأثير كل من هذه العوامل على القطاع الانشائى الذى سيتم تصميمة حسب الظروف البيئية بالمنطقة الواقع بها الطريق.

٣-٣: طريقة التصميم:

يجب تحديد الخصائص التالية عند تصميم الرصف المرن طبقا للطريقة الواردة فى هذا الكود والمأخوذة عن طريق اتحاد مسئولى النقل والطرق الأمريكي (AASHTO).

٣-٣-١ معامل المرونة الرجوعى (Mr) :

يعتبر معامل المرونة الرجوعى مقياسا لمقاومة اى طبقة من طبقات القطاع الانشائي للرصف والتى يمكن تحديدها بدء من طبقات تربة التأسيس فالأساس المساعد ثم الأساس فطبقات الرصف الإسفلتية، ويتم إيجاد قيمة هذه المعامل عن طريق إجراء التجارب المعملية المناسبة لكل طبقة وحسب نوع المواد المستخدمة في هذه الطبقات.

وعموما فى حالة عدم إجراء مثل هذه التجارب يمكن تقدير قيمة تقديرية لهذه المعاملات بناء على نتائج اختبارات نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) والتى تعتبر من التجارب الشائعة فى معظم معامل الطرق. فبالنسبة لطبقة تربة التأسيس تكون العلاقة بين معامل المرونة الرجوعى (Mr) ونسبة تحمل كاليفورنيا (CBR) كالآتي :

$$Mr = 1500 \times CBR \qquad psi$$

$$= 10340 \times CBR \qquad Kpa$$

ومما يجب التنبيه له أن هذه العلاقة قابلة للتطبيق للتربة التى تقل نسبة تحمل كاليفورنيا عن ١٠٪ وفى حالة زيادة CBRعن ١٠٪ فيمكن تحديدها بدقة عن طريق إجراء تجربة معامل المرونة الرجوعى.

بالنسبة لطبقات الأساس المساعد والأساس من المواد الحصوية يمكن استخدام قيم معامل المرونة الرجوعى المقابلة لنسب تحمل كاليفورنيا المقابلة لها والمبينة بجدول (٣-٢). أما طبقة الأساس المعالجة بالأسمنت فيقدر معامل المرونة الرجوعى لها بناء على معلومية قوة الكسر للطبقة طبقا للقيم المبينة بجدول (٣-٣)، وكذلك طبقة الأساس المعالجة بالإسفلت فيكون تقدير معامل المرونة الرجوعى بناء على قيم الثبات لتجربة مارشال لهذه الطبقة كما هو مبين بجدول (٣-٤).

وبالنسبة لطبقات الرصف السطحية من الخلطات الإسفلتية يقدر معامل المرونة الرجوعى لها بناء على قيم الثبات لتجربة مارشال (Marshall) أو قيم التماسك فى اختبار فيم (Hveem) لهذه الطبقات حسب ما هو مبين فى جدول (٣-٥).

٣-٣-٢ : القيمة النهائية والابتدائية لدليل مستوى حالة سطح الرصف:

القيمة النهائية أقل مستوى حالة يسمح به فى نهاية فترة التحليل وذلك قبل اللجوء لعمل اى نوع من أنواع الصيانة الجسيمة كالتغطية او إعادة الانشاء وعادة فان القيمة النهائية لدليل مستوى الحالة تؤخذ ٢,٠ للطرق المحلية ١,٥ للطرق الثانوية بينما القيمة الابتدائية لدليل مستوى حالة الرصف هى قيمة دليل مستوى الخدمة بعد الانتهاء من تنفيذ الرصف مباشرة وتتراوح قيمتها بين ٤,٢ الى ٤,٥ تبعا لجودة التنفيذ.

جدول(٣-٢): معامل الطبقة لكل من طبقتى الاساس المساعد الحصوية (a_3) والاساس الحصوية (a_2) المقابل لمقدار نسبة تحمل كاليفورنيا للطبقة وكذلك معاملات المرونة الرجوعية (Mr)

نسبة تحمل كاليفورنيا (CBR)	معامل قوة الاساس المساعد (a_3)	Mr رطل/بوصة٢	معامل قوة الاساس (a_2)	Mr رطل/بوصة٢
٢٠	٠,٠٩٥	١٣٠٠٠	-	-
٢٥	٠,١٠٠	١٣٥٠٠	-	-
٣٠	٠,١١٠	١٤٥٠٠	-	-
٤٠	٠,١٢٠	١٦٠٠٠	٠,١٠٥	٢١٠٠٠
٥٥	٠,١٢٥	١٧٥٠٠	٠,١٢٠	٢٥٠٠٠
٧٠	-	-	٠,١٣٠	٢٧٠٠٠
١٠٠	-	-	٠,١٤٠	٣٠٠٠٠

جدول (٣-٣): معاملات طبقة الاساس المعالجة بالاسمنت ومعاملات المرونة الرجوعية

Mr (رطل/بوصة٢)	قوة الكسر بعد ٧ ايام (رطل/بوصة٢)	a_2
٥٠٠,٠٠٠	١٥٠	٠,١٢
٥٥٠,٠٠٠	٢٧٥	٠,١٤
٦٠٠,٠٠٠	٤٠٠	٠,١٥
٦٨٠,٠٠٠	٦٠٠	٠,١٨٥
٨١٠,٠٠٠	٨٠٠	٠,٢٢٠
٩٥٠,٠٠٠	١٠٠٠	٠,٢٤٥

جدول (٣-٤): معاملات طبقة الاساس المعالجة بالأسفلت ومعاملات المرونة الرجوعية

Mr (رطل/بوصة٢)	ثبات مارشال(رطل)	a_2
١٣٠,٠٠٠	٥٠٠	٠,١٨
١٥٠,٠٠٠	٧٥٠	٠,٢٠
٢١٠,٠٠٠	١٠٠٠	٠,٢٤
٢٥٠,٠٠٠	١٢٥٠	٠,٢٦
٣١٠,٠٠٠	١٥٠٠	٠,٢٨
٣٦٠,٠٠٠	١٧٥٠	٠,٣٢
٤٢٠,٠٠٠	٢٠٠٠	٠,٣٥

جدول(٣-٥) : معامل طبقة الخلطة الاسفلتية (a_1) المقابل لمعامل مرونة الخلطة الاسفلتية عند درجة حرارة ٢٠ م

معامل المرونة (رطل/بوصة٢)	ثبات مارشال (رطل)	معامل قوة الطبقة الاسفلتية	التماسك Hveem
١٢٥,٠٠٠	٥٠٠	٠,٢٢	٨٠
١٥٠,٠٠٠	٧٥٠	٠,٢٥	٩٥
٢٠٠,٠٠٠	٩٧٥	٠,٣٠	١٢٠
٢٥٠,٠٠٠	١٢٠٠	٠,٣٣	١٣٠
٣٠٠٠,٠٠٠	١٤٠٠	٠,٣٦	١٥٥
٣٥٠,٠٠٠	١٦٠٠	٠,٣٩	١٧٥
٤٠٠,٠٠٠	١٩٠٠	٠,٤٢	١٩٠

جدول (٣-٦): قيم المعاملات m_3, m_2 للقدرة على الصرف من طبقتي الأساس والأساس المساعد

المناطق الزراعية بالدلتا والوادى	مناطق صحروية	كفاءة التصريف
١,٠	١,٢٥-١,١٥	جيدة
٠,٦	١,٠٥-٠,٨٠	ضعيفة

٣-٣-٣ : الرقم الانشائى (SN):

وهو عبارة عن رقم دليلي ناتج من تحليل المرور، وتربة التأسيس، والمعامل البيئي والذى يمكن تحويله الى سمك الطبقات المختلفة لطبقات الرصف المرن عن طريق استخدام معاملات الطبقات والتي تعتمد على انواع المواد المستخدمة فى طبقات الرصف المختلفة ومعامل الطبقة يعرف برمز a_3، a_2، a_1،

لطبقات السطح، الاساس، الاساس المساعد على الترتيب وهو عبارة عن العلاقة بين الرقم الانشائى للرصف وسمك الطبقة بالبوصة وهو يمثل القدرة النسبية للمادة المستخدمة فى كل طبقة من طبقات الرصف والتى تشارك فى القوة الانشائية لقطاع الرصف ككل ويتم توزيع الرقم الانشائى (SN) كالاتي:

$$SN = a_1 \; t_1 + a_2 \; m_2 \; t_2 + a_3 \; m_3 \; t_3$$

حيث t_1، t_2، t_3 هى سمك الطبقات المختلفة، بينما m_2، m_3 تتمثل معاملات تصريف المطر لكل من طبقتى الاساس، والاساس المساعد على الترتيب ومعامل الطبقة لكل من طبقتى الاساس (a_2) والاساس المساعد (a_3) يمكن ربطهما مباشرة بنتائج اختبارات تحمل كاليفورنيا (CBR) والتى يتم اجراؤها تحت أسوأ الظروف المتوقعة فى الموقع ويعتبر الغمر لمدة اربعة ايام لعينات هذه الاختبارات هو الممثل لظروف الطرق المصرية وذلك كما سبق ذكره فى جدول (٣-٢) حيث يوضح قيم هذه المعاملات المقابلة لمقدار نسبة تحمل

كاليفورنيا لكل من الطبقتين ، اما معامل الطبقـة السطحية الإسفلتية فيتم ربطـه بمقدار معامل المرونة الرجوعى لها عند درجة حرارة ٢٠ مئوية وبيبن جدول (٣-٥) قيم هذا المعامل المقابل لقيم مختلفة من معامل المرونة.
أما المعاملات m_3، m_2 والتى تعكس مقدرة طبقتـى الأسـاس والأسـاس المسـاعد على تصريف الأمطار فيتم تقديرها على أساس سرعة تصريف المياه من الطبقة وعموما يمكن القول ان درجة التصريف جيدة إذا تم التخلـص مـن الميـاه خـلال ٢٤ ساعة ، اما إذا احتفظت الطبقة بالمياه لمدة شـهر فتعتبر درجـة التصريـف ضعيفة وبناء على ذلك تكون قيم m_3، m_2 لظروف التشـغيل المصريـة المحليـة كما هو مبين بجدول (٣-٦).

٣-٣-٤ : درجة الثقة والانحراف المعيارى:

تعتمد هـذه الطريقـة علـى استخدام معـامل امـان يتـم مـن خلالـه زيـادة (تكبير) مستوى الاحمـال المحوريـة المتراكمـة المستخدمة فـى التصميـم. ويتكـون هـذا المعـامل مـن شقين : الأول هـو درجـة الثقـة(Reliability, R) والثـانى هـو الانحراف المعيارى الشامل (S_0)بالنسبه لدرجة الثقة (R) فهى عبارة عن نسبة مئوية تعبر عن درجة الثقة المرغوب فيها من قبل المصمم ، فعلى سبيل المثـال عند اعتبار R = ٩٠٪ يعنـى ان المصمـم يقبـل ان هنـاك ١٠٪ احتمـال للانهيـار المبكر للقطاع التصميمى. امـا بالنسبة الـى قيمـة الانحـراف المعيـارى الشـامل (S_0) فهى تعتمد على درجة التباين الموجودة فى قيم مدخلات التصميم السـابق ذكرها سواء تلك المتعلقة بمستوى المرور المتوقع او تلك المتعلقة بكفـاءة القطـاع التصميمى والتى تعتمد بدورها على خصائص المواد المستخدمة ودرجة مستوى الاداء المتوقعة ومستوى التنفيذ. هذا ويفضل اختيار القيم التالية لاستخدامها فـى الكود(R = ٩٥٪ و S_0 = ٠,٤٥).

٣-٣-٥ : تحديد سمك طبقات الرصف:

الهدف من طريق التصميم المستخدمة هو أيجاد طبقات رصف لها إنشائى (SN) كافى لتحمل الأحمال التى يتعرض لها الطريق . ويوضح الشكل (٣-١) المنحنيات المستخدمة فى تصميم الرصف المرن وقد تم الحصول عليها من طريقة اتحاد مستولى النقل والطرق الأمريكي (AASHTO)، والشكل يوضح طريقة الحصول على الرقم الانشائى لطبقات الرصف (SN_3) بتحديد درجة الثقة (محور أ) والانحراف المعيارى(محور ب) وبمعلومية عدد مرات التكرار القياسية المفردة المكافئة (محور د) ومعامل المرونة للتربة التأسيسية Mr (محور و) والفرق بين مستوى الخدمة الابتدائى والنهائى ΔPSI (المنحنيات ح).

مع مراعاة تكرار نفس هذه الخطوات باستخدام معامل المرونة الرجوعى لطبقة الأساس المساعد للحصول على الرقم الانشائى (SN_2) وتكرارها مرة أخرى باستخدام معامل المرونة الرجوعى لطبقة الاساس للحصول على الرقم الانشائى (SN_1) .

ويتم استخدام العلاقات التالية للحصول على سمك طبقات الرصف المختلفة:

سمك الطبقة السطحية (بالبوصة) = $t_1 = \dfrac{SN1}{a_1}$

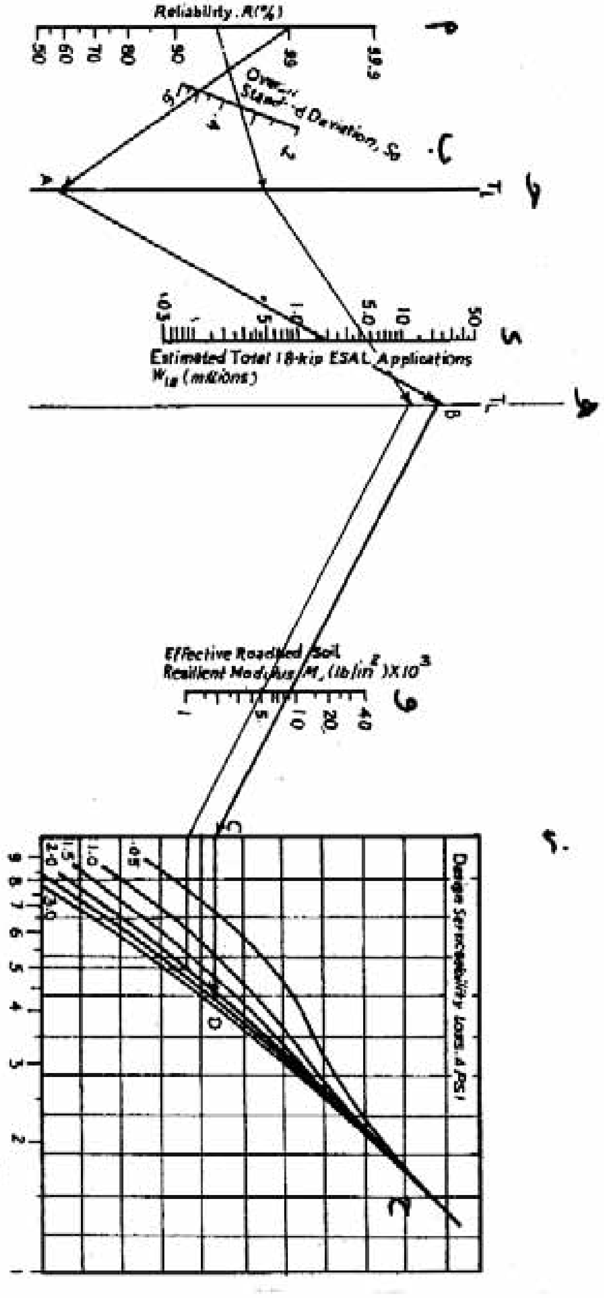
سمك طبقة الأساس (بالبوصة) = $t_2 = \dfrac{SN_2 - a_1 t_1}{a_2 \quad m_2}$

سمك طبقة الأساس المساعد (بالبوصة) = $t_2 = \dfrac{SN_3 - a_1 t_1 - a_2 t_2 m_2}{a_3 \quad m_3}$

(ملحوظة: يقرب سمك الطبقة الى اقرب ١سم لأعلى قبل حساب السمك التالى).

٣-٣-٦: أقل سمك لطبقات الرصف:

يبين جدول (٣-٧) أقل سمكك مقترح لطبقات الرصف المختلفة المقابل لاجمالى عدد أحمال محورية قياسية مكافئة خلال العمر التصميمى للطريق.



شكل (٣–١) : منحنيات تصميم الرصف المرن

جدول(٣–٧): أقل سمك مقترح لطبقات الرصف

إجمالى عدد المحاور القياسية المكافئة	طبقة إسفلتية (بوصة)	طبقة إسفلتية (سم)	طبقة أساس (بوصة)	طبقة أساس (سم)
٥٠,٠٠٠ أو أقل	١	٢,٥ أو معالجة سطحية	٤	١٠
٥٠,٠٠١ – ١٥٠,٠٠٠	٢	٥	٤	١٠
١٥٠,٠٠١ – ٥٠٠,٠٠٠	٢,٥	٦	٤	١٠
٥٠٠,٠٠١ – ٢٠٠٠,٠٠٠	٣,٠	٧,٥	٦	١٥
٢٠٠٠,٠٠١ – ٧٠٠٠,٠٠	٣,٥	٩	٠	١٥
٧٠٠٠,٠٠١ وأكثر	٤	١٠	٦	١٥

٣–٣–٧: القطاعات النمطية المقترحة:

نورد فيما يلى (جدول ٣–٨) القطاعات الإنشائية النموذجية لمختلف تصنيفات الطرق ويمكن الاسترشاد بهذه القطاعات فى حالة عدم توافر بيانات التصميم الكافية وذلك لكل درجة من درجات الطرق المبينة.

جدول (٣-٨): القطاعات النمطية المقترحة لدرجات الطرق المختلفة

أنوع طبقة التأسيس	القطاعات النموذجية للطرق المحلية	القطاعات النموذجية للطرق التجميعية الحضرية والطرق الفرعية الثانوية المحلية الخلوية	القطاعات النموذجية للطرق الشريانية والخلوية الرئيسية
طبقة التأسيس ممتازة (نسبة تحمل كاليفورنيا >٩٪)	٥ سم طبقة سطحية ١٥ سم طبقة أساس	٥ سم طبقة سطحية ٥ طبقة رابطة ٢٠ سم طبقة أساس	٥ سم طبقة سطحية ٥ طبقة رابطة ٢٥ سم طبقة أساس
طبقة التأسيس متوسطة (نسبة تحمل كاليفورنيا ٥-٩٪)	٥ سم طبقة سطحية ٢٠ سم طبقة أساس	٥ سم طبقة سطحية ٥ طبقة رابطة ٢٥ سم طبقة أساس	٥ سم طبقة سطحية ٥ طبقة رابطة ٣٠سم طبقة أساس
طبقة التأسيس ضعيفة (نسبة تحمل كاليفورنيا ٢-٥٪)	٥ سم طبقة سطحية ٣٠ سم طبقة أساس	٥ سم طبقة سطحية ٥ طبقة رابطة ٣٠ سم طبقة أساس	٥ سم طبقة سطحية ٧ طبقة رابطة ٣٥سم طبقة أساس

٣-٣-٨ : أمثلة لتصميم الرصف المرن:

طريق رئيسى خلوى مكون من ٤ حارات ، الفترة التصميمية ١٥ سنة ، متوسط حجم المرور اليومى ٥٠٠٠ مركبة/يوم، ومعامل النمو السنوى٢٪ نسبة مركبات النقل على الطريق موزعة حسب الجدول التالى:

م	نوع المركبة	عدد المحاور	أحمال المحاور(طن)				النسبة
			محور ١	محور ٢	محور ٣	محور ٤	
١	نقل خفيف	٢	٢(مفرد)	٤(مفرد)			٪١١,٠
٢	نقل ثقيل بمحورين	٢	٦(مفرد)	١٠(مزدوج)			٪٧,٥
٣	نقل ثقيل ٣ محاور	٢	٦(مفرد)	١٠(مزدوج)	١٦(مزدوج)		٪١,٥
٤	نقل ثقيل بمقطورة	٤	٦(مفرد)	١٦(مزدوج)	١٠(مزدوج)	١٠(مزدوج)	٪٢,٠

وذلك فى الحالات التالية :

أ - الطريق يقع فى منطقة الدلتا ، نسبة تحمل كاليفورنيا ٣٪

ب – الطريق يقع فى منطقة صحراوية ونسبة تحمل كاليفورنيا ١٠٪

مع الأخذ فى الاعتبار ان نوعية المواد التى يمكن استخدامها فى إنشاء هذا الطريق هى:

١ – طبقة أساس مساعد من الأحجار الجيرية نسبة تحمل كاليفورنيا ٣٠٪.

٢ – طبقة أساس من الأحجار الجيرى نسبة تحمل كاليفورنيا ٦٠٪.

٣ – معامل مرونة الخلطة الإسفلتية = ٣٥٠٠٠٠رطل/بوصة مربعة.

١ – تصميم الطريق:

١ – باستخدام الجدول رقم (٣–١) الخاص بمعاملات الحمل المكافئ نجد ان المعاملات للمحاور المستخدمة كالاتى:

المحور طن	٢(مفرد)	٤(مفرد)	٦(مزدوج)	١٠(مزدوج)	١٦(مزدوج)
معامل الحمل المكافئ	٠,٠٠٣٣	٠,٠٠٥٢	٠,٠٢١٥	٠,١٨١٧	١,٢٧١

تحسب الأحمال المكافئة لأنواع السيارات المختلفة بمعلومية حجم المرور ونسبة المركبات ومعامل الحمل المكافئ كالاتى:

– الأحمال المكافئة للنقل الخفيف

=٥٠٠٠X١٠٠/١٠٠ (٠,٠٠٣٣ + ٠,٠٠٥٢)=٣٠,٤١٥

– الأحمال المكافئة للنقل الثقيل بمحورين

= ٥٠٠٠X٧٥/١٠٠(٠,٢١٥ + ٠,١٨١٧) = ٧٦,٢

– الأحمال المكافئة للنقل الثقيل (٣ محاور)

= ٥٠٠٠X١٥/١٠٠(٠,٠٢١٥ + ٠,١٨١٧ +١,٢٧١) = ١١٠,٥٦٥

– الأحمال المكافئة للنقل الثقيل بمقطورة

= ٥٠٠٠X٢٠/١٠٠(٠,٠٢١٥+١,٢٧١+٠,١٨١٧+٠,١٨١٧) = ١٦٥,٥٩

المتوسط اليومى للأحمال المكافئة =٣٨٢,٧٧

بمعلومية الفترة التصميمية ١٥ سنة ومعامل النمو السنوى٢٪، من جدول رقم (٢-١) نجد ان معامل النمو ١٧,٢٩ كما أن نسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية لعدد ٤ حارات هى ٤٥٪ (بند٢-٢-٤).

وبذلك يمكن حساب إجمالى الأحمال المكافئة

=٣٨٢. ٧٧ x ١٧. ٢٩ x٠,٤٥x ٣٦٥ = ١٠٨٧٠٢١,٨

٢ - معاملات الطبقات:

أ - الطبقة السطحية:

باستخدام جدول (٣-٥) بمعلومية معامل المرونة للخلطة الإسفلتية.

a_1 =٠,٣٩ .

ب - طبقة الأساس:

باستخدام جدول (٣-٢) وبمعلومية نسبة تحمل كاليفورنيا = ٦٠٪

a_2 = ٠,١٢٥ معامل المرونة الرجوعى Mr = ٢٥٠٠٠رطل/ بوصة ٢.

جـ - طبقة الأساس المساعد:

باستخدام جدول (٣-٢) وبمعلومية نسبة تحمل كاليفورنيا = ٣٠٪

a_3 = ٠,١١ معامل المرونة الرجوعى Mr =١٤٥٠٠رطل/بوصة٢.

٣ - تصميم طبقات الرصف فى حالة الطريق يقع بمنطقة الدلتا:

معامل المرونة الرجوعى للتربة التأسيسية = CBR x١٥٠٠٠

= ١٥٠٠x٣ = ٤٥٠٠٠رطل/بوصة٢

باستخدام الشكل رقم (٣-١) وبمعلومية دليل مستوى الخدمى الابتدائى ٢,٥ والنهائى ٤,٥ نجد ان :

SN3 (للتربة التأسيسية) = ٤,٣٠

SN2 (للأساس المساعد) = ٢,٨٠

SN1 (لطبقة الأساس) = ٢,٣٠

ويكون تصميم الأسماك كالتالى:

سمك الطبقة الإسفلتية t_1 = $\frac{2,30}{0,39}$ =٥,١٠ً = ١٣ سم

سمك طبقة الأساس = $\frac{(5,10x0,39)-2,80}{0,125x1,0}$ = ٦,٤٩ً

(الحد الادنى٦ً) = ١٦سم

سمك طبقة الأساس المساعد = $\frac{\{2,3+(6.0x0.125x1)\}-4,30}{0,11x1,0}$ = ٨ً = ٢٠سم

٤ – تصميم طبقات الرصف فى حالة الطريق يقع بمنطقة صحراوية:

معامل المرونة الرجوعى للتربة التأسيسية = ١٥٠٠x١٠ = ١٥٠٠٠ رطل/بوصة٢

وباستخدام الشكل رقم (٣-١) وبمعلومية دليل مستوى الخدمة الابتدائى ٢,٥ والنهائى ٤,٥ نجد ان :

SN3 = ٢،٩٠

SN2 = ٢،٨٠

SN1 = ٢،٣٠

وحيث ان طبقة الأساس المساعد فى هذه الحالة تعتبر اضعف من طبقات التربة

التأسيسية، فيمكن الاستغناء عن طبقة الأساس المساعد ويكون تصميم سمك الطبقات كالتالى:

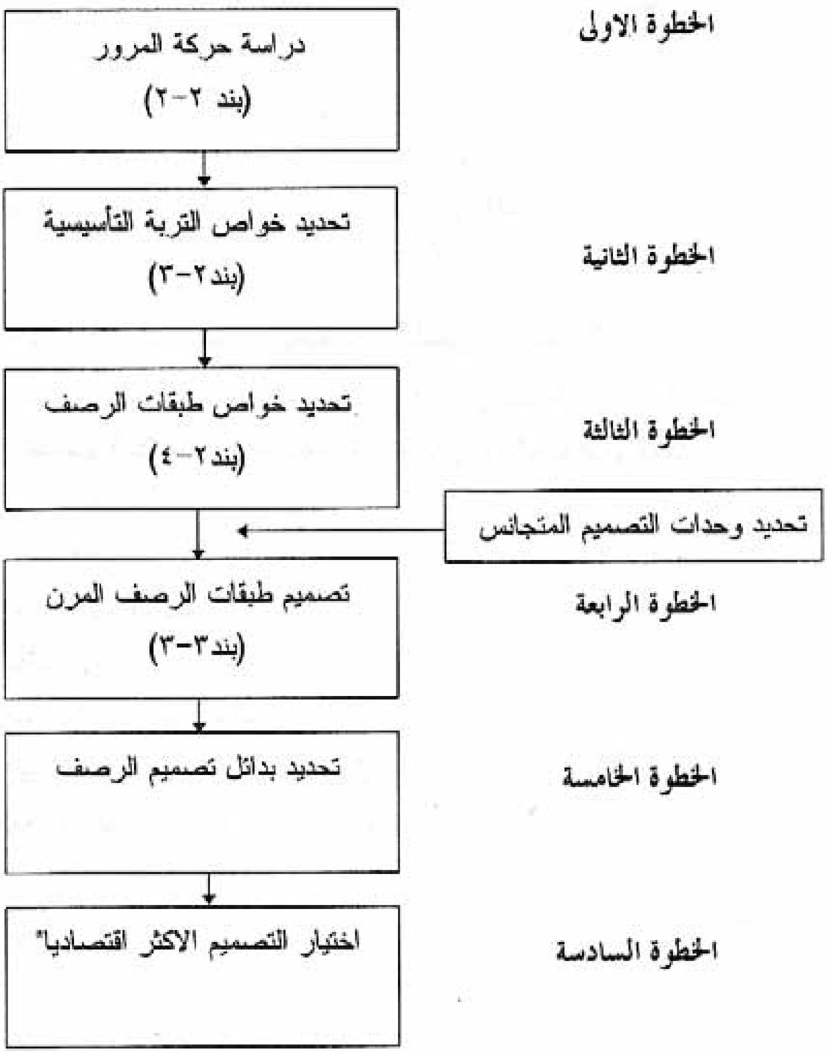
سمك الطبقة الإسفلتية = $\frac{\text{٢,٣}}{\text{٠,٣٩}}$ = ٥،١" = ١٣سم

سمك طبقة الأساس = $\frac{\text{٢,٨} - (\text{٥,١} \times \text{٠,٣٩})}{\text{٠,١٢٥} \times \text{١,٢}}$ = ٤, ٥" (الحد الأدنى ٦")١٥سم

٣-٣-٩ : خطوات اختيار التصميم الإنشائى للرصف المرن:

يلخص شكل (٣-٢) خطوات التصميم الإنشائى للرصف المرن، والاختيار النهائى للتصميم الملائم لقطاع الرصف يكون بإتباع هذه الخطوات وكذلك بأخذ العوامل التالية فى الاعتبار:

- أقل وحدة تكلفة.
- الظروف البيئية المحيطة.
- الاختلاف فى خصائص المواد المطلوبة.
- أساليب الإنشاء المحلية المتاحة.
- مستوى أداء الرصف المطلوب الحصول عليه
- متطلبات الصيانة الروتينية ومدى توافرها.



شكل (٣-٢): خطوات اختيار التصميم الإنشائى للرصف المرن

٣-٣-١٠: تقرير التصميم للرصف:

نورد فيما يلي نموذج لتقرير التصميم الإنشائي للرصف المرن.

أسم المشروع:

أ - بيانات المرور:

متوسط حجم المرور اليومي: مركبة/يوم

نوع المحور	نسبة المحور	معامل الحمل المكافئ	الأحمال المكافئة
المتوسط اليومي للأحمال المكافئة			

الفترة التصميمية =   عام   معدل النمو السنوى =   ٪

معامل النمو=   عدد حارات الطريق =   حارة

نسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية =

إجمالى الأحمال المكافئة = المتوسط اليومىx معامل النمو x نسبة مركبات النقل فى الحارة التصميمية x ٣٦٥ =   x   x   x ٣٦٥ =

نوع الطبقة	معامل المرونة)	نسبة الحمل كاليفورنيا (CBR)	معامل المرونة(Mr)	معامل تصريف(M)	ملاحظات
سطحية		—	—	—	
أساس	—				
أساس مساعد	—				

جـ – دليل مستوى الخدمة :

- الابتدائى: PSI_i =
- النهائى: PSI_t =

د – التصميم (من شكل ٣-١)

- الرقم الإنشائى لطبقات الرصف SN3 =
- الرقم الإنشائى لطبقة الأساس والطبقة السطحية SN2 =
- الرقم الإنشائى للطبقة السطحية SN1 =

هـ – سمك الطبقات :

- سمك الطبقة السطحية (بالبوصة) = $t_1 = \frac{SN1}{al}$ (لاتقل عن ٢بوصة)
- سمك طبقة الأساس (بالبوصة) = $t_2 = \frac{SN2 - a1t1}{a2m2}$ (لاتقل عن ٤بوصة)

سمك طبقة الأساس المساعد (بالبوصة) = $t_3 = \frac{SN3 \ \ a1t1 - a2t2m2}{a3m3}$ (لاتقل عن ٤ بوصة).

٣-٤ : تصميم طبقات الرصف المرن لمناطق الخدمة وأماكن الانتظار:

يراعى عند تصميم طبقات الرصف المرن لمناطق الخدمة وأماكن الانتظار العناصر الثلاثة الاتية:

١ - التربة التأسيسية : نوعيتها ونسبة تحمل كاليفورنيا لها.

٢ - المرور: حجم وأنواع المركبات التى تستخدم المنطقة او ساحة الانتظار.

٣ - المواد المستخدمة فى رصف أماكن الانتظار.

ويمكن الاسترشاد بالجدول (٣-٩) الذى يبين القطاعات الإنشائية النموذجية لمختلف تصنيفات أماكن الانتظار ومناطق الخدمة والذى تم وضعة لثلاثة أنواع من التربة التأسيسية:

أ - الجيدة: نسبة تحمل كاليفورنيا لها أكبر من ١٢٪.

ب - المتوسطة : نسبة تحمل كاليفورنيا لها من ٧ - ١٢٪

جـ - الرديئة : نسبة تحمل كاليفورنيا لها أقل من ٧٪.

كما تم إعداده لأربعة أنواع من مناطق الخدمة وأماكن الانتظار طبقا لنوع وحجم السيارات التى تستخدم ساحة الانتظار كالآتى :

النوع الأول : سيارات خاصة وبيك أب فقط.

النوع الثانى : سيارات خاصة وسيارات نقل خفيفة ذات محورين.

النوع الثالث: سيارات نقل خفيف وحوالى ٢٠٪ نقل ثقيل.

النوع الرابع: سيارات نقل ثقيلة اكثر من ٢٠٪ من حجم السيارات التى تستخدم الساحة.

وفى جميع هذه الأنواع والحالات يراعى ان يتم الدمك الجيد للتربة التأسيسية بما لايقل عن ٩٥٪ من أقصى كثافة جافة ، والاتقل نسبة تحمل كاليفورنيا لطبقة الأساس المستخدمة عن ٨٠٪، مع اخذ باقى اعتبارات التصميم لطبقات الرصف المذكورة فى بند(٢-٤) فى الاعتبار.

جدول (٣-٩): القطاعات المقترحة لاماكن الانتظار ومناطق الخدمة

نوع طبقة التأسيس	الطبقات (سم)	نوع أماكن الانتظار			
		سيارات خاصة وبيك اب	سيارات خاصة ونقل نو محورين	سيارات نقل خفيف	سيارات نقل ثقيل
جيدة CBR>12	سطحية أساس	٥ +١٠	٥ +١٠	٧,٥ +١٠	١٠ +١٥
متوسطة CBR12-7	سطحية أساس	٥ +١٠	٥ +١٠	٧,٥ +١٥	١٠ +٢٠
ضعيفة CBR< 7	سطحية أساس	٥ +١٠	٥ +١٠	١٠ +٢٠	١٠ +٣٠

٣-٥: تفاصيل إنشائية واعتبارات عامة:

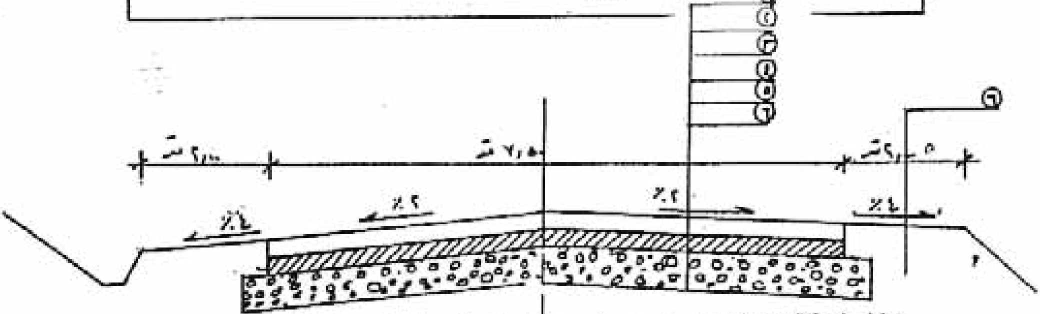
يتم الاستعانة بالتفاصيل الإنشائية المبينة فى الأشكال من (٣-٣) وحتى (٣-٩) والخاصة بالقطاعات العرضية النموذجية لأنواع مختلفة من الطرق وكذا تفاصيل الأكتاف والتقاطعات بين الطرق والسكك الحديدية .

كما يوضح الشكلان (٣-١٠)، (٣-١١) تفاصيل إنشاء أغطية الصمامات وغرف التفتيش واتصالها بسطح الرصف، والشكل (٣-١٢) يوضح الوصلات بين سطحى الرصف المرن والصلب ويراعى عند تنفيذ هذه الوصلات ضرورة الاهتمام بالدمك الجيد لتربة التأسيس اسفل نوعى الرصف المرن والصلب على جانبى الوصلة لمسافة لاتقل عن ١٥ مترا من كل جهة.

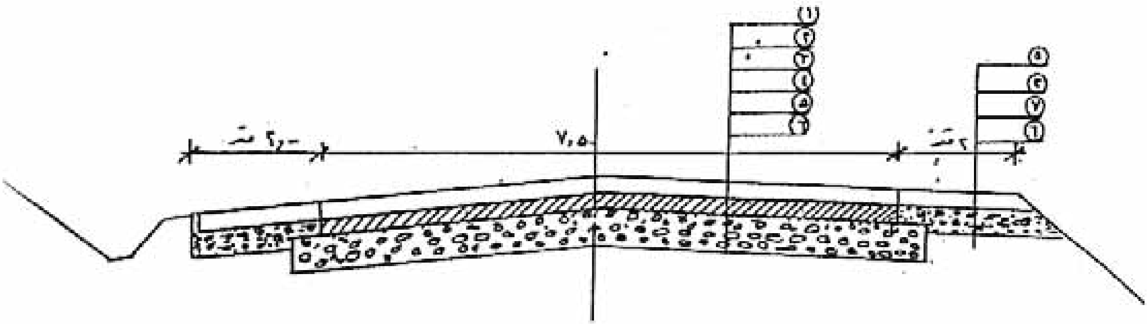
٣-٥-١: البردورات والأرصفة:

يتم عمل البردورات بقطاعات مختلفة حسب مــاهو موضــح بالأشكال (٣-١٢)، (٣-١٤) ويجب ان يكون السطح المواجه لحركة المرور يميل ثلثه العلــوى الــى الخارج فى اتجاه الرصف ويتم تثبيت البردورات بواسطة فرشــة مــن الخرســانة العادية بسمك١٠ وبعرض يزيد عن عرض قطاع البردورة بمقدار ١٠سم طبقــا للبنــود (٢١٥)، (٢٦٩) مــن مواصفات الهيئــة العامــة للطــرق والكبــارى لســنة ١٩٩٠.

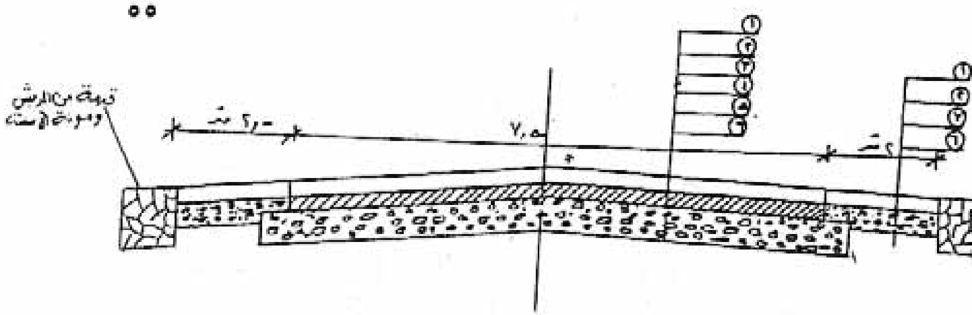
الرمز	وصف الطبقة
١	طبقه سطحيه من الخرسانه الأسفلتية على الساخن
٢	طبقه لصق (أسفلت سريع التطاير) معدل ٢/١ كجم/م٢
٣	طبقه رابطه من الخرسانه الأسفلتية على الساخن (مكدام سابق الخلط)
٤	طبقه تشريب (أسفلت متوسط التطاير) بمعدل ٢/١ ١ كجم/م٢
٥	طبقه أساس من الأحجار المتدرجه (كسر الأحجار الجيرية)
٦	تربة التأسيس معده ومدموكه لأقصى كثافه جافة
٧	طبقه أساس من الأحجار المتدرجة أو الرمال الخشنه بسمك ١٠سم
٨	بلاط ترابيع أسمنتية ٤٠×٤٠×٦سم
٩	مونه لصق أسمنت ورمل متدرج بسمك ٢ سم
١٠	رمل نظيف متدرج بسمك ١٠ سم



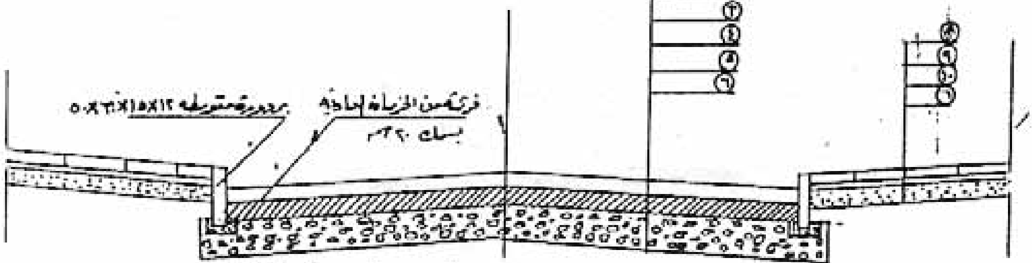
شكل (٢-٣) : قطاع عرض نموذجي لرصف طريق خلوى ذو إتجاهين



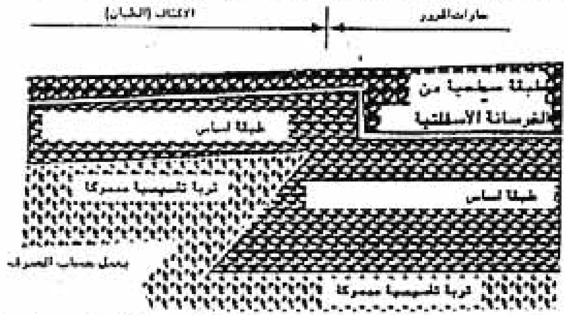
شكل (٢-٤) : قطاع عرض نموذجي لرصف طريق خلوى ذو إتجاهين
(الطبانات مرصوفة)



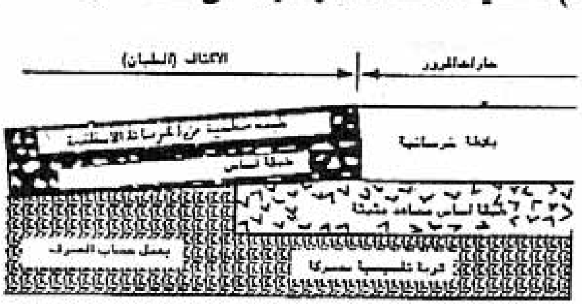
شكل (٢-٥): قطاع نموذجي عرضي لحماية طريق خلوى من أيثار السيول (الطبانات مرصوفة)



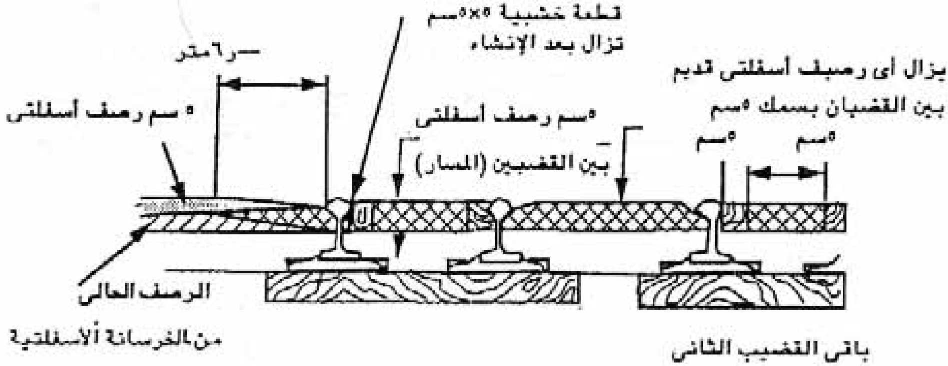
شكل (٢-٦): قطاع نموذجي في طريق حضري ذو إتجاهين



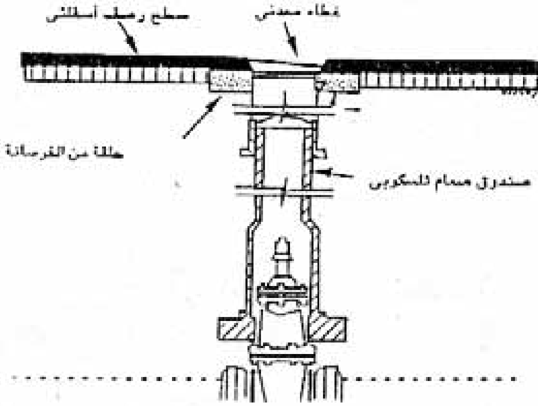
شكل (٢-٧) تفصيله الأكتاف المرصوفة في حالة الرصف الأسفلتي



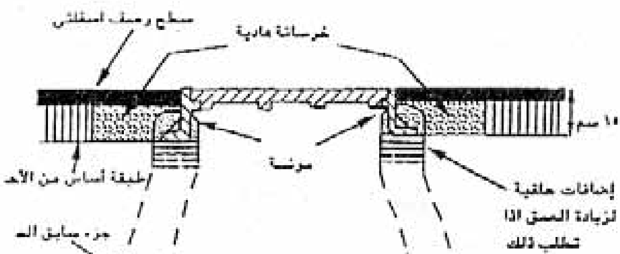
شكل (٢-٨) : تفصيل الأكتاف المرصوفة في حالة الرصف الخرساني



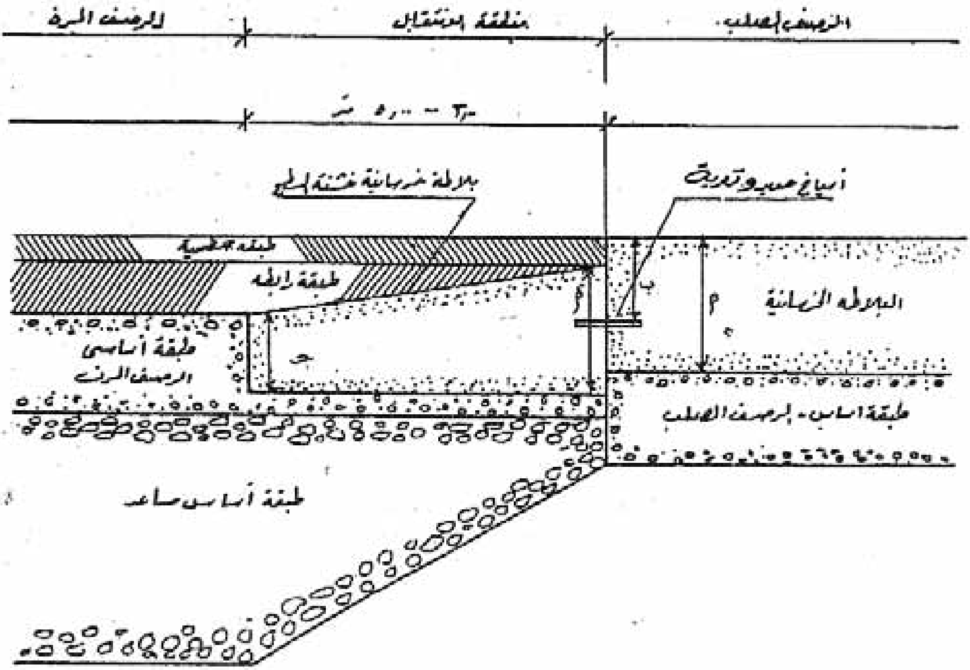
شكل رقم (٢-٩) تفصيله لتقاطع الطريق مع السكة الحديد



شكل رقم (٢-١٠) إطار وغطاء لصمام الماء أو الغاز



شكل رقم (٢-١١) مطبق (غرفة تفتيش) للصرف (بدون مقياس رسم)



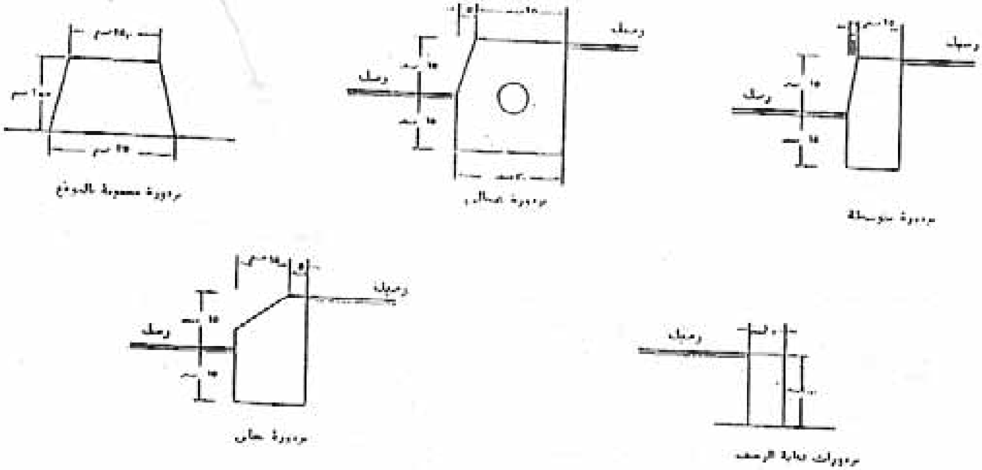
شكل (٣-١٢) قطاع مقترح للوصله بين الرصف المرن والصلب

ملاحظات:

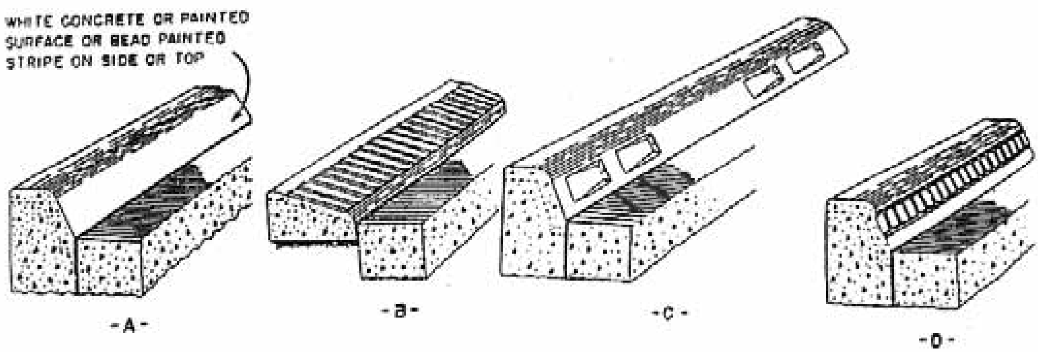
أ = السمك التصميمى للبلاطه الخرسانية.

$$ب = \frac{أ + ٤ \text{ سم}}{٢}$$

جـ = لاتقل عن ١٥ سم فى حالة المرور الكثيف ولا تقل عن ١٠ سم فى حالة المرور الخفيف



شكل (٢-١٣) نماذج بردورات الأرصفة



شكل (٢-١٤) نماذج بردورات أرصفة بمجارى صرف

٤ – تصميم الرصف الصلب:

٤–١: أساسيات التصميم :

استخدمت طريقه جمعية الإسمنت البورتلاندى (PCA) لتصميم الرصف الصلب كأساس مناسب لوضع طريقة تصميم هذا النوع من الرصف فى جمهورية مصر العربية، وذلك لما تتميز به هذه الطريقة من احتوائها على طريقة تحليلية وأخرى مبسطة فى التصميم اعتمادا على البيانات المتوافرة لدى المهندس المصمم، وقد وجد ان التصميم بهذه الطريقة يعطى رصف ذو خصائص مناسبة لأحجام المرور المتوقعة.

وتعتمد طريقة التصميم على مبادئ تحليل الاجهادات ويتوقف السمك التصميمى للرصف على عدد مرات تكرار الحمل ومقاومة انحناء الخرسانة ومعامل رد فعل التربة التأسيسية ، وفى هذه الطريقة يتم التعبير عن كلال الخرسانة باستخدام طريقة مينور حيث:

$$\frac{Nai}{\overline{Nai}} = \sum_{1=i}^{n}$$

حيث

Nai : هو عدد محاور المرور الفعلى ذات الحمل "a "

$\overline{Nai}$: هو عدد المحاور ذات الحمل "a "الذى يؤدى الى انهيار الكلال فى الخرسانة

n : عدد درجات أوزان المحاور .

فى حالة معامل مينور اقل من ١ فانه من غير المتوقع ان يحدث انهيار كلال فى الخرسانة ، واذا كان اكبر من ١ فيعنى هذا ان بلاطات الخرسانة معرضة لانهيار الكلال ويعاد التصميم.

اما تحليل التآكل فى طريقة التصميم فيتناول تآكل التربة التأسيسية والأساس المشبع بالمياه تحت تأثير أحمال المحاور على البلاطة الخرسانية.

٤-١-١: أنواع البلاطات الخرسانية المستخدمة فى الرصف الصلب:

أ - بلاطات الخرسانة العادية:

هى بلاطات من الخرسانة العادية الغير مسلحة ، وقد تستخدم أسياخ وتدية بغرض نقل أحمال المحاور عبر الفواصل العرضية (انكماش او تمدد) وقد يستخدم حديد التسليح فى الفواصل الطولية لمنع اتساع هذه الفواصل . ويجب ان تكون أبعاد هذا النوع من البلاطات صغيرة نسبيا حتى لا يتولد اجهادات شد تزيد عن مقاومة الخرسانة فى البلاطة.

ب - بلاطات الخرسانة المسلحة:

تستخدم بلاطات الخرسانة المسلحة اذا زادت اجهادات الشد عن ما تتحمله الخرسانة نتيجة زيادة المسافات بين الفواصل العرضية ، وأقل نسبة حديد فى الخرسانة المسلحة هو ٠,٢٥٪ للحديد المطاوع،٠,١٥٪ للحديد عالى المقاومة منسوبا لمساحة القطاع العرضى للبلاطة ، ويستخدم أسياخ حديد وتدية لنقل الأحمال عبر الفواصل.

جـ - بلاطات الخرسانة المسلحة المستمرة :

تحتوى على نسبة من حديد التسليح ٠,٦٠٪ او اعلى من ذلك وتكون المسافة بين الفواصل كبيرة نسبيا (> ١٤ متر).

٤-١-٢: اختيار نوع بلاطة الرصف:

يتم اختيار وتصميم نوع الرصف الصلب بناء على أبعاد البلاطات الخرسانية المستخدمة والاجهادات المتوقعة فيها والتى تنتج عن أحمال المحاور والتغير فى الحرارة(الالتواء - الانكماش - التمدد) وعدم تجانس الخلطة الخرسانية والتغير

الحجمي في طبقة التأسيس او الأساس. وهذه العوامل تؤدى الى تقوس وانحناء البلاطة الخرسانية وتسبب اجهادات بشكل ملحوظ وتتوقف قيمة الاجهادات أيضا على تجانس ثبات طبقة التأسيس، ومن المحتمل ان يؤدى ضخ التربة اسفل البلاطة تحت الأحمال المحورية الىعدم تجانس ثبات الطبقة التأسيسية وهذا بدوره يؤدى الى تعجيل تآكل الرصف الصلب والتشكل اللدن للطبقة التاسيسية.

ويتوقف اختيار نوع الرصف على الاجهادات التى تتولد نتيجة تغير منتظم فى درجات الحرارة والرطوبة والتى تتسبب فى تمدد البلاطات وانكماشها.

ويجب عدم زيادة أقصى طول للبلاطة من الخرسانة العادية (بالمتر) عن ما هو موضح بالجدول التالى رقم (٤-١) ، هذا ويجب ألا يقل طول البلاطة الخرسانية عن عرض حارة المرور.

جدول (٤-١) : أقصى بعد لبلاطات الخرسانة العادية (بالمتر)

اجهادات الشد المسموح بها(كجم/سم٢) / سمك البلاطة (سم)	١٥	٢٠	٢٥	٣٠	٣٥	٤٠
١٥	-	-	-	-	-	٣,٥
٢٠	-	-	-	٣,٥	٤	٤,٥
٢٥	-	-	-	٤,٥	٥	٦
٣٠	-	٣,٥	٤,٥	٥	٦	٧
٣٥	-	٤	٥	٦	٧	٨
٤٠	٣,٥	٤,٥	٦	٧	٨	٩,٥

وفى حالة استخدام بلاطات خرسانية بأطوال اكبر مما هو مبين فى الجدول رقم (٤-١) تستخدم الخرسانة المسلحة ، ويتم حساب مساحة حديد التسليح لتحمل اجهادات الشد الناتجة عن تغير درجات الحرارة (سم٢/متر طولى) كما هو مبين فى الجدول رقم (٤-٢).

جدول (٤-٢): مساحة حديدالتسليح للبلاطات الخرسانية المسلحة (سم٢/متر طولى)

طول لبلاطة(متر) / سمك البلاطة (سم)	٥ *	٦ *	٧ *	٨ *	٩ *	١٠ *	١١ *	١٢ *	١٣ **	١٤ **
١٥	٥	٧	٩	١٢	١٥	١٨,٥	٢٢,٥	٢٧	٢٢	٢٥,٦
٢٠	٦,٥	٩	١٢	١٦	٢٠	٢٤,٥	٣٠	٣٥,٥	٢٩,٤	٣٤
٢٥	٨	١١	١٥	٢٠	٢٥	٣١	٣٧,٥	٤٤,٥	٣٦,٤	٤٢,٤
٣٠	٩,٥	١٣,٥	١٨	٢٤	٣٠	٣٧	٤٥	٥٣,٥	٤٣,٨	٥٠,٨
٣٥	١١	١٥,٥	٢١	٢٨	٣٥	٤٣	٥٢,٥	٦٢	٥١,١	٥٨,٨
٤٠	١٢,٥	١٨	٢٤	٣١,٥	٤٠	٤٩,٥	٦٠	٧١	٥٨,٥	٦٧,٩

* الحديد المستخدم حديد صلب طرى عادى (٢٤-٣٥)(١٤٠٠كجم/سم٢)

** الحديد المستخدم حديد عالى المقاومة عادى درجة (٣٦/٥٢)(٢٠٠٠ كجم/سم٢)

اذا تعرضت البلاطه الخرسانية الى تغير فى درجة الحرارة خلال سمكها فان سطح البلاطة يميل الى التقوس ويقاوم هذا التقوس بواسطة وزن البلاطة مما ينتج عنه اجهادات انحناء داخل البلاطة. وفى حالة برودة السطح العلوى للبلاطة اكثر من أسفلها فان الجوانب تميل الى التقوس لاعلى ولكن وزن البلاطة يميل الى اعادتها الى وضعها الطبيعى مما يولد اجهادات انحناء داخل البلاطة، وتتناسب الاجهادات المتولدة مع درجة الحرارة بين السطحين العلوي والسفلى للبلاطة الخرسانية ويتم اخذ ذلك فى الاعتبار عند وجود تغيرات كبيرة فى درجة الحرارة بين الليل والنهار.

٤-٢: عناصر التصميم :

يتم اختيار كيفية نقل الحمل عند الوصلات (استخدام أسياخ وتدية من عدمه) ونوع الأساس اذا لزم استخدامه على تربة تأسيس ضعيفة ونوع الأكتاف

(خرسانة او بدون) ويحدد السمك التصميمي على أساس عناصر التصميم التالية.

٤-٢-١ : معامل رد فعل التربة (k) :

تقاس قوة تحمل التربة التأسيسية بغرض تصميم الرصف الصلب بمعامل رد فعل التربة (k) ويرجع في ذلك الى بند (٢/٤/١).

٤-٢-٢ : مقاومة انحناء الخرسانة (MR):

تستخدم اختبارات الانهيار بالانحناء لتحديد أقصى مقاومة انحناء تتحمله خرسانة الرصف الصلب، وتؤخذ مقاومة انحناء الخرسانة كإجهاد القشرة الخارجية للخرسانة عند الكسر. ولما كانت مقاومة انحناء الخرسانة للكسر تزداد بعد فترة المعالجة (٢٨ يوم) فان معامل مقاومة انحناء الخرسانة يقاس بعد ٩٠ يوم، ويمكن بصفة عامة فرضه كنسبة ١١٠٪ من المعامل المقاس بعد ٢٨ يوم وتتراوح قيمة انحناء الخرسانة الممكن اعتبارها في التصميم بين ٣٢-٥٥كجم/سم٢.

٤-٢-٣ : أحجام المرور:

يتم تحديد أحجام وأحمال المرور كما هو مبين في بند ٢-٢ ، ويتم بإحدى طريقتين حسب المعلومات المتوفرة عن أحجام وأحمال المرور.

الطريقة التحليلية : تستخدم هذه الطريقة في حالة توافر بيانات تفصيلية عن أحجام وأحمال المرور وتأخذ هذه الطريقة في الاعتبار أحمال المركبات الثقيلة فقط والتي هي السبب الرئيسي في الكلال والتآكل في البلاطة الخرسانية للطريق المزمع تصميمه.

الطريقة المبسطة: وتستخدم فى حالة عدم توافر بيانات تفصيلية عن أحجام وأحمال المرور. وتعتمد هذه الطريقة فى تصميمها على تحديد درجة الطريقة والمتوسط اليومى لحجم مركبات النقل ويستثنى من هذا الحجم مركبات النقل ذات الأربع عجلات (محورين مفرد).

٤-٣ : طريقة تصميم الرصف الصلب :

٤-٣-١ : الطريقة التحليلية للتصميم :

تستخدم هذه الطريقة عندما تتوفر معلومات وبيانات تفصيلية عن أحمال المحاور المرورية المتوقع مرورها على الطريق، ويقوم المهندس المصمم باختيار أو قياس عناصر التصميم التالية:

١ - طريقة نقل الحمل بين البلاطات (استخدام أسياخ وتدية من عدمه):
٢ - نوعية الأكتاف (خرسانية - غير خرسانية).
٣ - مقاومة الانحناء للخرسانة بعد ٢٨ يوم (MR).
٤ - معامل رد فعل طبقة التأسيس، او لطبقة الأساس وطبقة التأسيس مجتمعين (K).
٥ - معامل أمان الحمل (LSF).
٦ - عدد الأحمال المحورية المتكررة المتوقعة خلال فترة التصميم.
٧ - توزيع الأحمال المحورية للمرور.

وفى هذه الطريقة يؤخذ تحليل الكلال وتحليل التآكل فى الاعتبار، وعادة ما يكون تحليل الكلال اكثر تأثيرا في تصميم طبقات الرصف للطرق ذات أحجام المرور الثقيلة والمتوسطة وكذلك للطرق ذات أحجام المرور الكثيفة التى تزود بفواصل وتدية، وعادة ما يكون الحمل المحورى المفرد اكثر تأثيرا فى تحليل الكلال اما الحمل المحورى المزدوج فيكون تأثيره اكثر فى تحليل التآكل.

الطريقة المبسطة: وتستخدم فى حالة عدم توافر بيانات تفصيلية عن أحجام وأحمال المرور. وتعتمد هذه الطريقة فى تصميمها على تحديد درجة الطريقة والمتوسط اليومى لحجم مركبات النقل ويستثنى من هذا الحجم مركبات النقل ذات الأربع عجلات (محورين مفرد).

٤-٣ : طريقة تصميم الرصف الصلب :

٤-٣-١ : الطريقة التحليلية للتصميم :

تستخدم هذه الطريقة عندما تتوفر معلومات وبيانات تفصيلية عن أحمال المحاور المرورية المتوقع مرورها على الطريق، ويقوم المهندس المصمم باختيار أو قياس عناصر التصميم التالية:

١ – طريقة نقل الحمل بين البلاطات (استخدام أسياخ وتدية من عدمه):

٢ – نوعية الأكتاف (خرسانية – غير خرسانية).

٣ – مقاومة الانحناء للخرسانة بعد ٢٨ يوم (MR).

٤ – معامل رد فعل طبقة التأسيس، او لطبقة الأساس وطبقة التأسيس مجتمعين (K).

٥ – معامل أمان الحمل (LSF).

٦ – عدد الأحمال المحورية المتكررة المتوقعة خلال فترة التصميم.

٧ – توزيع الأحمال المحورية للمرور.

وفى هذه الطريقة يؤخذ تحليل الكلال وتحليل التآكل فى الاعتبار، وعادة ما يكون تحليل الكلال اكثر تأثيرا فى تصميم طبقات الرصف للطرق ذات أحجام المرور الثقيلة والمتوسطة وكذلك للطرق ذات أحجام المرور الكثيفة التى تزود بفواصل وتدية، وعادة ما يكون الحمل المحورى المفرد اكثر تأثيرا فى تحليل الكلال اما الحمل المحورى المزدوج فيكون تأثيره اكثر فى تحليل التآكل.

ويبين الشكل(٤-١)النموذج التصميمى الخاص بحساب سمك البلاطة الخرسانية كما هو مبين فى البنود الآتية.

العمود(١) خاص بالأحمال المحورية ، والعمود رقم (٢) عبارة عن الحمل المحورى مضروب فى معامل أمان الحمل (LSF) اما العمود (٣) فيبين عدد مرات تكرار الحمل المحورى.

اسم المشروع

سمك البلاطة المقترح: الوصلات ذات الأسياخ الوتدية: نعم لا

معامل رد فعل (طبقة الجسر-الأساس) k: الأكتاف خرسانية: نعم لا

معامل الكسر للخرسانة: فترة التصميم: عام

معامل أمان الحمل:

الحمل المحورى	مضروب فى معامل أمان الحمل	التكرار المتوقع	تحليل الكلال		تحليل التآكل	
			التكرار المسموح	نسبة الكلال	التكرار المسموح	نسبة التآكل
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧

٨ - الإجهاد المكافئ: ٩ - معامل نسبة الإجهاد ١٠ - معامل التآكل

الحمل المفرد:

١١ - الإجهاد المكافئ ١٢ - معامل نسبة الإجهاد ١٣ - معامل التآكل

الحمل المزدوج:

			الإجمالى		الإجمالى	

شكل (٤-١) : نموذج لحساب سمك البلاطة الخرسانية

٤-٣-١-١ : تحليل الكلال:

يستخدم تحليل الكلال لكل أنواع الرصف سواء كانت مزودة بأسياخ وتديه أم لا. وفى حالة الطريق بدون طبان خرسانى يتم استخدام الجدول رقم (٤-٣) الخاص بحساب الإجهاد المكافئ (الحمل المفرد/الحمل المزدوج) والشكل رقم (٤-٢) الخاص بحساب التكرار المسموح للحمل ويعتمد على معامل نسبة الإجهاد.

وفى حالة الطريق ذو طبان خرسانى يتم استخدام الجدول رقم (٤-٤) الخاص بحساب الإجهاد المكافئ (الحمل المفرد/ الحمل المزدوج) والشكل رقم (٤-٢) الخاص بحساب التكرار المسموح للحمل.

وتتبع الخطوات التالية فى تحليل الكلال:

١ - تحسب قيمة الإجهاد المكافئ للحمل المفرد من جدول رقم (٤-٣) أو(٤-٤) ويدون فى بند رقم (٨) بالنموذج (شكل رقم ٤-١) والإجهاد المكافئ للحمل المزدوج من نفس الجدول ويدون فى بند رقم (١١) بالنموذج (شكل رقم ٤-١) وذلك اعتمادا على سمك البلاطة وقيمة رد فعل الأساس(k).

٢ - يقسم الإجهاد المكافئ للحمل المفرد(بند٨) على قيمة مقاومة الانحناء للخرسانة لحساب معامل نسبة الإجهاد ويسجل فى بند رقم (٩) بالنموذج (شكل رقم ٤-١).

٣ - يقسم الإجهاد المكافئ للحمل المزدوج (بند رقم ١١) على قيمة مقاومة الانحناء للخرسانة لحساب معامل نسبة الإجهاد ويسجل الناتج فى بند رقم (١٢) بالنموذج (شكل رقم ٤-١).

٤ - يتم إدخال التكرار المسموح بند رقم (٤) بالنموذج (شكل رقم٤-١) كما هو مستنتج من الشكل (٤-٢).

٥ - تحسب نسبة الكلال(عمود رقم ٥) بالنموذج (شكل رقم ٤-١) عن طريق قسمة التكرار المتوقع (عمود رقم٣)على التكرار المسموح به (عمود رقم ٤)

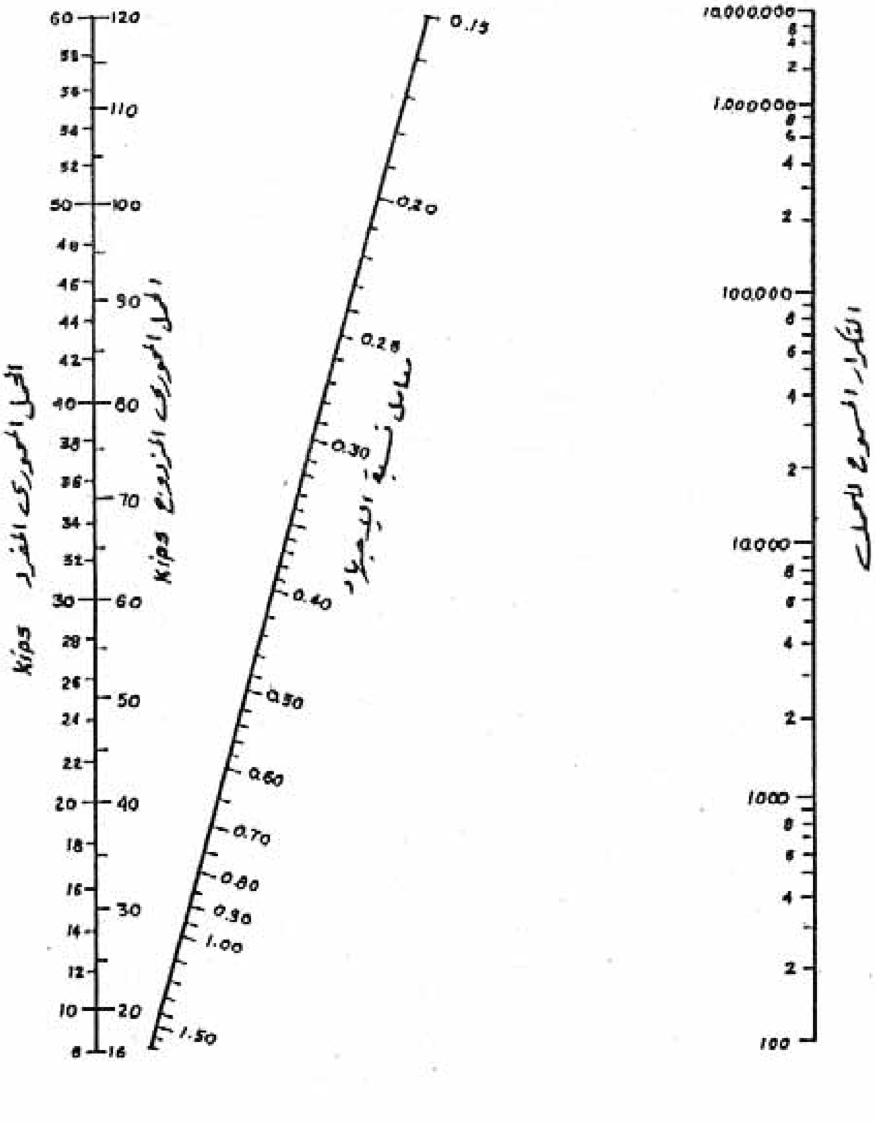
ويضرب فى ١٠٠، وتجمع هذه النسب ويحسب الكلال الفعلى فى اسفل العمود (٥).

٤-٣-١-٢: تحليل التآكل:

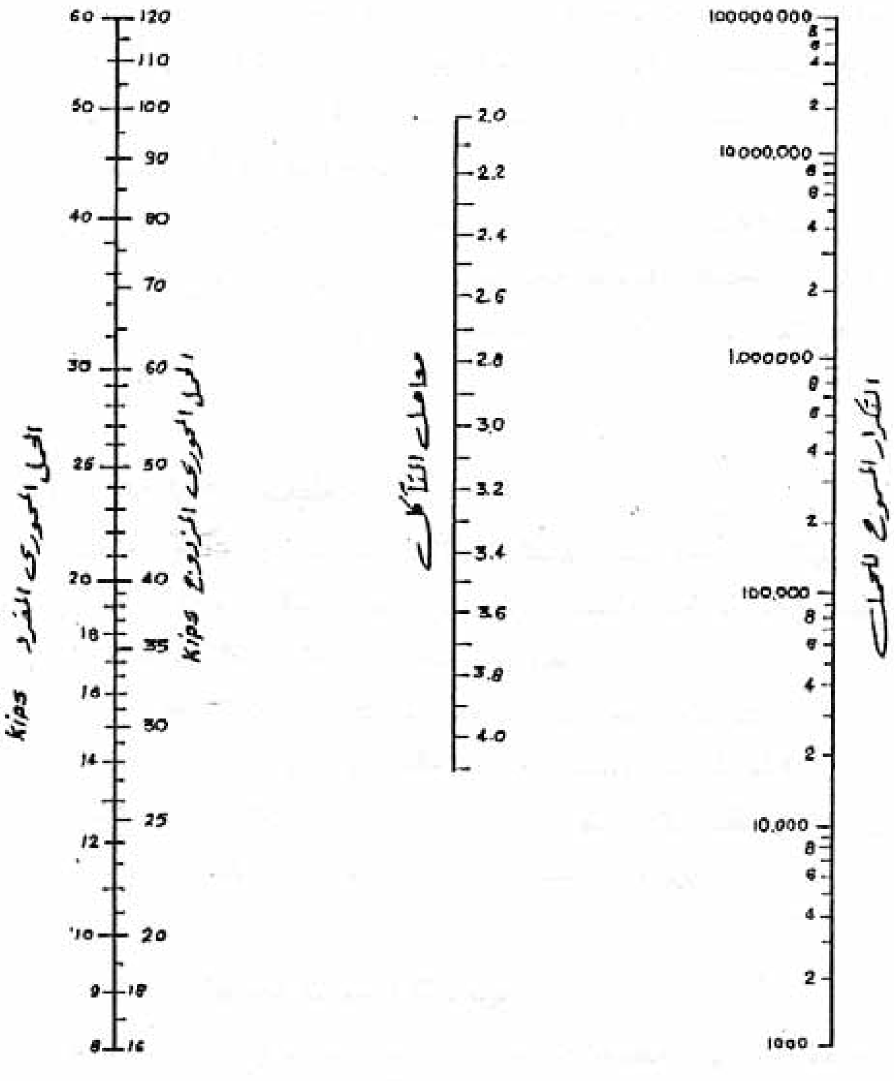
أ - فى حالة الطريق بدون أكتاف خرسانية يستخدم الجدول رقم (٤-٥) الخاص بحساب معاملات التآكل. فى حالة البلاطات ذات الوصلات بها أسياخ وتدية (الحمل المفرد/الحمل المزدوج) والبلاطات الخرسانية المسلحة المستمرة والشكل رقم (٤-٣) الخاص بحساب التكرار المسموح للحمل معتمدا على قيمة معامل التآكل ، يستخدم الجدول رقم (٤-٦) الخاص بحساب معاملات التآكل فى حالة البلاطات ذات الوصلات بدون أسياخ وتدية والشكل رقم (٤-٣) الخاص بحساب التكرار المسموح للحمل معتمداً على قيمة معامل التآكل.

ب - فى حالة الطريق ذو أكتاف خرسانية يستخدم الجدول رقم (٤-٧) الخاص بحساب معاملات التآكل فى حالة البلاطات ذات الوصلات بها أسياخ وتدية (الحمل المفرد/الحمل المزدوج) والبلاطات الخرسانية المسلحة المستمرة ، ويستخدم الجدول رقم (٤-٨) الخاص بحساب معاملات التآكل فى حالة استخدام أكتاف خرسانية وعدم استخدام أسياخ وتدية، والشكل رقم (٤-٤) الخاص بحساب التكرار المسموح للحمل معتمدا على قيمة معامل التآكل ويتبع الطريقة الآتية فى تحليل التآكل:

١ - يتم إدخال معاملات التآكل من الجدول المناسب فى البند رقم (١٠) بالنموذج (شكل رقم٤-١) للحمل المفرد والبند رقم (١٣) للحمل المزدوج.



شكل (٤-٢) : تحليل الكلال



شكل (٤-٣): تحليل التآكل (أكتاف غير خرسانية)

٢- يسجل التكرار المسموح من الشكل (٤-٣) للحمل المفرد والمزدوج فى حالة الوصلات ذات أسياخ وتدية ومن الشكل (٤-٤) للحمل المفرد والمزدوج فى حالة الوصلات بدون أسياخ وتدية فى العمود رقم (٦) بالنموذج (شكل رقم ٤-١).

٣ - يحسب العمود رقم (٧) الخاص بنسبة التآكل بقسمة قيمة العمود (٣) الخاص بالتكرار المتوقع للحمل على قيمة العمود(٦) الخاص بالتكرار المسموح وضرب ذلك فى ١٠٠ ، ويحسب التلف الكلى نتيجة التآكل اسفل العمود.

٤-٣-١-٣: ملاحظات:

- ليس من الضرورى فى استخدام الأشكال السابقة حساب النسبة والتناسب بدقة عالية عند قراءة التكرار المسموح ، واذا كان تقاطع الخطوط خارج نطاق الشكل فإن التكرار المسموح يحسب "غير محدد".
- يعتبر سمك البلاطة غير كاف للتصميم اذا زادت نسبة الكلال الكلى او التآكل الكلى عن ١٠٠٪ وفى هذه الحالة يزاد سمك البلاطة وتعاد طريقة التصميم.
- اذا قلت نسبة الكلال والتآكل عن ١٠٠٪ كثيرا يتم إقلال سمك البلاطة فى التصميم ويعاد تحليل الاجتهادات للتأكد من سلامة التصميم.

٤-٣-٢: الطريقة المبسطة للتصميم:

تستخدم هذه الطريقة فى حالة عدم توافر بيانات تفصيلية عن أحمال محاور المرور للطريق المراد إنشاؤه. تستخدم فى هذه الطريقة جداول تصميم مبسطه تم تكوينها على أساس توزيعات أحمال محاور تمثل درجات مختلفة من أنواع الطرق. وقد تم فى هذه الجداول تغطية ٣ درجات من أحمال المحاور المرورية كما هو مبين فى جدول(٤-٩).

٢- يسجل التكرار المسموح من الشكل (٤-٣) للحمل المفرد والمزدوج فى حالة الوصلات ذات أسياخ وتدية ومن الشكل (٤-٤) للحمل المفرد والمزدوج فى حالة الوصلات بدون أسياخ وتدية فى العمود رقم (٦) بالنموذج (شكل رقم ٤-١).

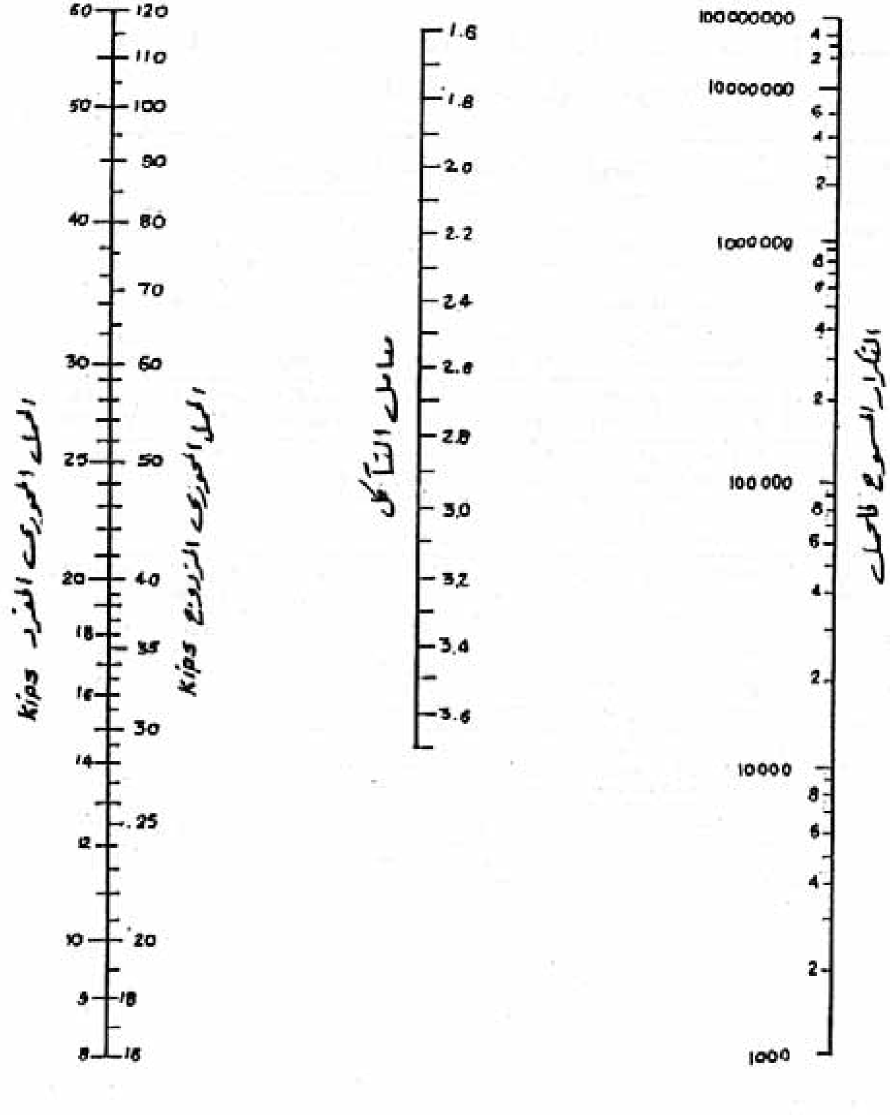
٣ - يحسب العمود رقم (٧) الخاص بنسبة التآكل بقسمة قيمة العمود (٣) الخاص بالتكرار المتوقع للحمل على قيمة العمود(٦) الخاص بالتكرار المسموح وضرب ذلك فى ١٠٠ ، ويحسب التلف الكلى نتيجة التآكل اسفل العمود.

٤-٣-١-٣: ملاحظات:

- ليس من الضرورى فى استخدام الأشكال السابقة حساب النسبة والتناسب بدقة عالية عند قراءة التكرار المسموح ، واذا كان تقاطع الخطوط خارج نطاق الشكل فإن التكرار المسموح يحسب "غير محدد".
- يعتبر سمك البلاطة غير كاف للتصميم اذا زادت نسبة الكلال الكلى او التآكل الكلى عن ١٠٠٪ وفى هذه الحالة يزاد سمك البلاطة وتعاد طريقة التصميم.
- اذا قلت نسبة الكلال والتآكل عن ١٠٠٪ كثيرا يتم إقلال سمك البلاطة فى التصميم ويعاد تحليل الاجتهادات للتأكد من سلامة التصميم.

٤-٣-٢: الطريقة المبسطة للتصميم:

تستخدم هذه الطريقة فى حالة عدم توافر بيانات تفصيلية عن أحمال محاور المرور للطريق المراد إنشاؤه. تستخدم فى هذه الطريقة جداول تصميم مبسطه تم تكوينها على أساس توزيعات أحمال محاور تمثل درجات مختلفة من أنواع الطرق. وقد تم فى هذه الجداول تغطية ٣ درجات من أحمال المحاور المرورية كما هو مبين فى جدول(٤-٩).



شكل (٤-٤): تحليل التآكل (أكتاف خرسانية)

جدول (٤-٣) : الاجهاد المكافىء فى حالة عدم رصف الأكتاف (الحمل المفرد / الحمل المزدوج)

سمك البلاطه (بوصه) thickness, in.	معامل رد فعل التربه - الاساس المساعد K (رطل/البوصه٣) k of subgrade-subbase, pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	825/679	726/585	671/542	634/516	584/486	523/457	484/443
4.5	699/586	616/500	571/460	540/435	498/406	448/378	417/363
5	602/516	531/436	493/399	467/376	432/349	390/321	363/307
5.5	526/461	464/387	431/353	409/331	379/305	343/278	320/264
6	465/416	411/348	382/316	362/296	336/271	304/246	285/232
6.5	417/380	367/317	341/286	324/267	300/244	273/220	256/207
7	375/349	331/290	307/262	292/244	271/222	246/199	231/186
7.5	340/323	300/268	279/241	265/224	246/203	224/181	210/169
8	311/300	274/249	255/223	242/208	225/188	205/167	192/155
8.5	285/281	252/232	234/208	222/193	206/174	188/154	177/143
9	264/264	232/218	216/195	205/181	190/163	174/144	163/133
9.5	245/248	215/205	200/183	190/170	176/153	161/134	151/124
10	228/235	200/193	186/173	177/160	164/144	150/126	141/117
10.5	213/222	187/183	174/164	165/151	153/136	140/119	132/110
11	200/211	175/174	163/155	154/143	144/129	131/113	123/104
11.5	188/201	165/165	153/148	145/136	135/122	123/107	116/98
12	177/192	155/158	144/141	137/130	127/116	116/102	109/93
12.5	168/183	147/151	136/135	129/124	120/111	109/97	103/89
13	159/176	139/144	129/129	122/119	113/106	103/93	97/85
13.5	152/168	132/138	122/123	116/114	107/102	98/89	92/81
14	144/162	125/133	116/118	110/109	102/98	93.85	88/78

جدول (٤-٤): الإجهاد المكافيء في حالة الأكتاف رصف صلب (الحمل المفرد / الحمل المزدوج)

سمك البلاطه (بوصه) thickness. in.	معامل رد فعل التربه - الاساس المساعد K (رطل/البوصه٣) k of subgrade-subbase. pci						
	50	100	150	200	300	500	700
4	640/534	559/468	517/439	489/422	452/403	409/388	383/384
4.5	547/461	479/400	444/372	421/356	390/338	355/322	333/316
5	475/404	417/349	387/323	367/308	341/290	311/274	294/267
5.5	418/360	368/309	342/285	324/271	302/254	276/238	261/231
6	372/325	327/277	304/255	289/241	270/225	247/210	234/203
6.5	334/295	294/251	274/230	260/218	243/203	223/188	212/180
7	302/270	266/230	248/210	236/198	220/184	203/170	192/162
7.5	275/250	243/211	226/193	215/182	201/168	185/155	176/148
8	252/232	222/196	207/179	197/168	185/155	170/142	162/135
8.5	232/216	205/182	191/166	182/156	170/144	157/131	150/125
9	215/202	190/171	177/155	169/146	158/134	146/122	139/116
9.5	200/190	176/160	164/146	157/137	147/126	136/114	129/108
10	186/179	164/151	153/137	146/129	137/118	127/107	121/101
10.5	174/170	154/143	144/130	137/121	128/111	119/101	113/95
11	164/161	144/135	135/123	129/115	120/105	112/95	106/90
11.5	154/153	136/128	127/117	121/109	113/100	105/90	100/85
12	145/146	128/122	120/111	114/104	107/95	99/86	95/81
12.5	137/139	121/117	113/106	108/99	101/91	94/82	90/77
13	130/133	115/112	107/101	102/95	96/86	89/78	85/73
13.5	124/127	109/107	102/97	97/91	91/83	85/74	81/70
14	118/122	104/103	97/93	93/87	87/79	81/71	77/67

٤-٥) : معامل التاكل [وصلات ذات أسياخ وتديه- بدون الأكتاف الخرسانيه]
(الحمل المفرد / الحمل المزدوج)

سمك البلاطه (بوصه) thickness, in.	معامل رد فعل التربه - الاساس المساعد K (رطل/البوصه ٣) k of subgrade-subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.74/3.83	3.73/3.79	3.72/3.75	3.71/3.73	3.70/3.70	3.68/3.67
4.5	3.59/3.70	3.57/3.65	3.56/3.61	3.55/3.58	3.54/3.55	3.52/3.53
5	3.45/3.58	3.43/3.52	3.42/3.48	3.41/3.45	3.40/3.42	3.38/3.40
5.5	3.33/3.47	3.31/3.41	3.29/3.36	3.28/3.33	3.27/3.30	3.26/3.28
6	3.22/3.38	3.19/3.31	3.18/3.26	3.17/3.23	3.15/3.20	3.14/3.17
6.5	3.11/3.29	3.09/3.22	3.07/3.16	3.06/3.13	3.05/3.10	3.03/3.07
7	3.02/3.21	2.99/3.14	2.97/3.08	2.96/3.05	2.95/3.01	2.94/2.98
7.5	2.93/3.14	2.91/3.06	2.88/3.00	2.87/2.97	2.86/2.93	2.84/2.90
8	2.85/3.07	2.82/2.99	2.80/2.93	2.79/2.89	2.77/2.85	2.76/2.82
8.5	2.77/3.01	2.74/2.93	2.72/2.86	2.71/2.82	2.69/2.78	2.68/2.75
9	2.70/2.96	2.67/2.87	2.65/2.80	2.63/2.76	2.62/2.71	2.61/2.68
9.5	2.63/2.90	2.60/2.81	2.58/2.74	2.56/2.70	2.55/2.65	2.54/2.62
10	2.56/2.85	2.54/2.76	2.51/2.68	2.50/2.64	2.48/2.59	2.47/2.56
10.5	2.50/2.81	2.47/2.71	2.45/2.63	2.44/2.59	2.42/2.54	2.41/2.51
11	2.44/2.76	2.42/2.67	2.39/2.58	2.38/2.54	2.36/2.49	2.35/2.45
11.5	2.38/2.72	2.36/2.62	2.33/2.54	2.32/2.49	2.30/2.44	2.29/2.40
12	2.33/2.68	2.30/2.58	2.28/2.49	2.26/2.44	2.25/2.39	2.23/2.36
12.5	2.28/2.54	2.25/2.54	2.23/2.45	2.21/2.40	2.19/2.35	2.18/2.31
13	2.23/2.51	2.20/2.50	2.18/2.41	2.16/2.36	2.14/2.30	2.13/2.27
13.5	2.18/2.57	2.15/2.47	2.13/2.37	2.11/2.32	2.09/2.26	2.08/2.23
14	2.13/2.54	2.11/2.43	2.08/2.34	2.07/2.29	2.05/2.23	2.03/2.19

جدول (٤-٦): معامل التآكل

[وصلات بدون أسياخ وتديه- بدون الأكتاف الخرسانيه]

(الحمل المفرد / الحمل المزدوج)

سمك البلاطه (بوصه) thickness, in.	معامل رد فعل التربه - الاساس المساعد K (رطل/البوصه ٣) k of subgrade-subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.94/4.03	3.91/3.95	3.88/3.89	3.86/3.86	3.82/3.83	3.77/3.80
4.5	3.79/3.91	3.76/3.82	3.73/3.75	3.71/3.72	3.68/3.68	3.64/3.65
5	3.66/3.81	3.63/3.72	3.60/3.64	3.58/3.60	3.55/3.55	3.52/3.52
5.5	3.54/3.72	3.51/3.62	3.48/3.53	3.46/3.49	3.43/3.44	3.41/3.40
6	3.44/3.64	3.40/3.53	3.37/3.44	3.35/3.40	3.32/3.34	3.30/3.30
6.5	3.34/3.56	3.30/3.46	3.26/3.36	3.25/3.31	3.22/3.25	3.20/3.21
7	3.26/3.49	3.21/3.39	3.17/3.29	3.15/3.24	3.13/3.17	3.11/3.13
7.5	3.18/3.43	3.13/3.32	3.09/3.22	3.07/3.17	3.04/3.10	3.02/3.06
8	3.11/3.37	3.05/3.26	3.01/3.16	2.99/3.10	2.96/3.03	2.94/2.99
8.5	3.04/3.32	2.98/3.21	2.93/3.10	2.91/3.04	2.88/2.97	2.87/2.93
9	2.98/3.27	2.91/3.16	2.86/3.05	2.84/2.99	2.81/2.92	2.79/2.87
9.5	2.92/3.22	2.85/3.11	2.80/3.00	2.77/2.94	2.75/2.86	2.73/2.81
10	2.86/3.18	2.79/3.06	2.74/2.95	2.71/2.89	2.68/2.81	2.66/2.76
10.5	2.81/3.14	2.74/3.02	2.68/2.91	2.65/2.84	2.62/2.76	2.60/2.72
11	2.77/3.10	2.69/2.98	2.63/2.86	2.60/2.80	2.57/2.72	2.54/2.67
11.5	2.72/3.06	2.64/2.94	2.58/2.82	2.55/2.76	2.51/2.68	2.49/2.63
12	2.68/3.03	2.60/2.90	2.53/2.78	2.50/2.72	2.46/2.64	2.44/2.59
12.5	2.64/2.99	2.55/2.87	2.48/2.75	2.45/2.68	2.41/2.60	2.39/2.55
13	2.60/2.96	2.51/2.83	2.44/2.71	2.40/2.65	2.36/2.56	2.34/2.51
13.5	2.56/2.93	2.47/2.80	2.40/2.68	2.36/2.61	2.32/2.53	2.30/2.48
14	2.53/2.90	2.44/2.77	2.36/2.65	2.32/2.58	2.28/2.50	2.25/2.44

جدول (٤-٧) : معامل التآكل وصلات ذات أسياخ وتديه والأكتاف خرسانيه (الحمل المفرد / الحمل المزدوج)

سمك البلاطه (بوصه) thickness, in.	معامل رد فعل التربه - الاساس المساعد K (رطل/البوصه³) k of subgrade-subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.46/3.49	3.42/3.39	3.38/3.32	3.36/3.29	3.32/3.26	3.28/3.24
4.5	3.32/3.39	3.28/3.28	3.24/3.19	3.22/3.16	3.19/3.12	3.15/3.09
5	3.20/3.30	3.16/3.18	3.12/3.09	3.10/3.05	3.07/3.00	3.04/2.97
5.5	3.10/3.22	3.05/3.10	3.01/3.00	2.99/2.95	2.96/2.90	2.93/2.86
6	3.00/3.15	2.95/3.02	2.90/2.92	2.88/2.87	2.86/2.81	2.83/2.77
6.5	2.91/3.08	2.86/2.96	2.81/2.85	2.79/2.79	2.76/2.73	2.74/2.68
7	2.83/3.02	2.77/2.90	2.73/2.78	2.70/2.72	2.68/2.66	2.65/2.61
7.5	2.76/2.97	2.70/2.84	2.65/2.72	2.62/2.66	2.60/2.59	2.57/2.54
8	2.69/2.92	2.63/2.79	2.57/2.67	2.55/2.61	2.52/2.53	2.50/2.48
8.5	2.63/2.88	2.56/2.74	2.51/2.62	2.48/2.55	2.45/2.48	2.43/2.43
9	2.57/2.83	2.50/2.70	2.44/2.57	2.42/2.51	2.39/2.43	2.36/2.38
9.5	2.51/2.79	2.44/2.65	2.38/2.53	2.36/2.46	2.33/2.38	2.30/2.33
10	2.46/2.75	2.39/2.61	2.33/2.49	2.30/2.42	2.27/2.34	2.24/2.28
10.5	2.41/2.72	2.33/2.58	2.27/2.45	2.24/2.38	2.21/2.30	2.19/2.24
11	2.36/2.68	2.28/2.54	2.22/2.41	2.19/2.34	2.16/2.26	2.14/2.20
11.5	2.32/2.65	2.24/2.51	2.17/2.38	2.14/2.31	2.11/2.22	2.09/2.16
12	2.28/2.62	2.19/2.48	2.13/2.34	2.10/2.27	2.06/2.19	2.04/2.13
12.5	2.24/2.59	2.15/2.45	2.09/2.31	2.05/2.24	2.02/2.15	1.99/2.10
13	2.20/2.56	2.11/2.42	2.04/2.28	2.01/2.21	1.98/2.12	1.95/2.06
13.5	2.16/2.53	2.08/2.39	2.00/2.25	1.97/2.18	1.93/2.09	1.91/2.03
14	2.13/2.51	2.04/2.36	1.97/2.23	1.93/2.15	1.89/2.06	1.87/2.00

جدول (٤–٨): معامل التآكل – الوصلات بدون أسياخ وتديه – والأكتاف خرسانيه (الحمل المفرد / الحمل المزدوج)

سمك البلاطه (بوصه) thickness, in.	معامل رد فعل التربه - الاساس المساعد K (رطل/البوصه ٣) k of subgrade-subbase, pci					
	50	100	200	300	500	700
4	3.28/3.30	3.24/3.20	3.21/3.13	3.19/3.10	3.15/3.09	3.12/3.08
4.5	3.13/3.19	3.09/3.08	3.06/3.00	3.04/2.96	3.01/2.93	2.98/2.91
5	3.01/3.09	2.97/2.98	2.93/2.89	2.90/2.84	2.87/2.79	2.85/2.77
5.5	2.90/3.01	2.85/2.89	2.81/2.79	2.79/2.74	2.76/2.68	2.73/2.65
6	2.79/2.93	2.75/2.82	2.70/2.71	2.68/2.65	2.65/2.58	2.62/2.54
6.5	2.70/2.86	2.65/2.75	2.61/2.63	2.58/2.57	2.55/2.50	2.52/2.45
7	2.61/2.79	2.56/2.68	2.52/2.56	2.49/2.50	2.46/2.42	2.43/2.38
7.5	2.53/2.73	2.48/2.62	2.44/2.50	2.41/2.44	2.38/2.36	2.35/2.31
8	2.46/2.68	2.41/2.56	2.36/2.44	2.33/2.38	2.30/2.30	2.27/2.24
8.5	2.39/2.62	2.34/2.51	2.29/2.39	2.26/2.32	2.22/2.24	2.20/2.18
9	2.32/2.57	2.27/2.46	2.22/2.34	2.19/2.27	2.16/2.19	2.13/2.13
9.5	2.26/2.52	2.21/2.41	2.16/2.29	2.13/2.22	2.09/2.14	2.07/2.08
10	2.20/2.47	2.15/2.36	2.10/2.25	2.07/2.18	2.03/2.09	2.01/2.03
10.5	2.15/2.43	2.09/2.32	2.04/2.20	2.01/2.14	1.97/2.05	1.95/1.99
11	2.10/2.39	2.04/2.28	1.99/2.16	1.95/2.09	1.92/2.01	1.89/1.95
11.5	2.05/2.35	1.99/2.24	1.93/2.12	1.90/2.05	1.87/1.97	1.84/1.91
12	2.00/2.31	1.94/2.20	1.88/2.09	1.85/2.02	1.82/1.93	1.79/1.87
12.5	1.95/2.27	1.89/2.16	1.84/2.05	1.81/1.98	1.77/1.89	1.74/1.84
13	1.91/2.23	1.85/2.13	1.79/2.01	1.76/1.95	1.72/1.86	1.70/1.80
13.5	1.86/2.20	1.81/2.09	1.75/1.98	1.72/1.91	1.68/1.83	1.65/1.77
14	1.82/2.17	1.76/2.06	1.71/1.95	1.67/1.88	1.64/1.80	1.61/1.74

٤-٣-٢-١: البيانات اللازمة للتصميم:

١ - نوع الطريق واقصى حمل محور (مفرد أو مزدوج) يتوقع مروره على الطريق. يستخدم ذلك فى تحديد فئة الحمل المحورى من جدول (٤-٩).

٢ - طريقة اتصال (ترابط) البلاطات الخرسانية (بواسطة تداخل حبيبات الركام او بواسطة الأسياخ الوتدية) ويستخدم ذلك فى تحديد جدول التصميم المستخدم.

٣ - نوعية كتف الطريق(خرسانة او بردورة او بدون).

٤ - مقاومة انحناء الخرسانة (MR).

٥ - قيمة معامل رد فعل التربة التأسيسية والأساس(K) وذلك لتحديد مستوى تحمل التربة (منخفض - متوسط - عالى أو عالى جدا) وجدول رقم (٢-٥) يبين حدود قيمة (K) وكذلك نسبة تحمل كاليفورنيا المقابلة لكل مستوى.

٦ - متوسط حجم المرور اليومى لمركبات النقل ويستثنى منها مركبات النقل ذات الأربع عجلات على محورين مفرد.

٤-٣-٢-٢ تحديد سمك البلاطة الخرسانية :

بعد تحديد البيانات اللازمة للتصميم ويتم تحديد سمك البلاطة الخرسانية باستخدام أحد جداول التصميم المبينة فى الجداول من رقم (٤-١٠) الى (٤-١٤).

جدول رقم (٤-٩) : درجة حمل - المحور لأنواع الطرق المختلفة

درجة حمل المحور	الصنف(نوع الطريق)	أقصى حمل محورى متوقع (طن)	
		مفرد	مزدوج
أولى	- طرق خلوية فرعية ثانوية	٦	١٠
	- طرق حضرية محلية	٦	-
ثانية	- طرق خلوية فرعية	١٠	١٦
	- طرق حضرية تجميعية	١٠	-
ثالثة	- طرق خلوية رئيسية	١٠	١٦
	طرق حضرية رئيسية	١٠	١٦
	- طرق حضرية شريانيه	٦	١٠

- حجم المرور اليومى لأنواع الطرق المختلفة مبين في جدول (٢-٣).

- يجب مراعاة المناطق الخاصة كالموانى والمناطق الصناعية حيث تؤخذ درجتها حسب أقصى حمل محورى متوقع.

جدول رقم (٤–١٠): متوسط حجم المرور اليومى لمركبات النقل المسموح بها لسمك البلاطة الخرسانية للنوع الأول من درجة حمل المحور

مقاومة انحناء الخرسانة (رطل/بوصة٢)	كتف الطريق غير خرسانى أو بدون بردوره				كتف خرسانى أو بردورة			
	سمك البلاطة بالبوصة	مستوى تحمل تربة التأسيس أو الأساس			سمك البلاطة بالبوصة	مستوى تحمل تربة التأسيس أو الأساس		
		منخفض	متوسط	عالى		منخفض	متوسط	عالى
٦٥٠	٤,٥	–	–	٠,١	٤	–	٠,٢	٠,٩
	٥	٠,١	٠,٨	٣	٤,٥	٢	٨	٢٥
	٥,٥	٣	١٥	٤٥	٥	٣٠	١٣٠	٣٣٠
	٦	٤٠	١٦٠	٤٣٠	٥,٥	٣٢٠	–	–
	٦,٥	٣٣٠	–	–	–	–	–	–
٦٠٠	٥	–	٠,١	٠,٤	٤	–	–	٠,١
	٥,٥	٠,٥	٣	٩	٤,٥	٠,٢	١	٥
	٦	٨	٣٦	٩٨	٥	٦	٢٧	٧٥
	٥,٥	٧٦	٣٠٠	٧٦٠	٥,٥	٧٣	٢٩٠	٧٣٠
	٧	٥٢٠	–	–	٦	٦١٠	–	–
٥٥٠	٥,٥	٠,١	٠,٣	١	٤,٥	–	٠,٢	٠,٦
	٦	١	٦	١٨	٥	٠,٨	٤	١٣
	٦,٥	١٣	٦٠	١٦٠	٥,٥	١٣	٥٧	١٥٠
	٧	١١٠	٤٠٠	–	٦	١٣٠	٤٨٠	–
	٧,٥	٦٢٠	–	–	–	–	–	–

ملاحظات :

- تحليل الكلال هو الحكم فى التصميم.
- متوسط حجم المرور اليومى لأقل من واحد يعنى ان السمك الموضح للرصف الخرسانى يستطيع تحمل عدد لانهائى من المركبات الملاكى او النقل بمحوريين ذات الأربع عجلات.
- متوسط حجم المرور المبين لا يشمل مركبات النقل بمحورين ذات الأربع عجلات.

جدول (٤-١١) : سمك البلاطه الخرسانيه للنوع الثانى من درجة حمل المحور (رصف بفواصل وتدية)

كتف الطريق غير خرسانى اوبردورة — No Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	5.5				5
	6		4	12	59
	6.5	9	43	120	490
	7	30	320	840	3100
	7.5	490	1900		
	8	2500			
MR = 600 psi	6				11
	6.5		8	24	110
	7	15	70	190	750
	7.5	110	440	1100	
	8	590	2300		
	8.5	2700			
MR = 550 psi	6.5			4	19
	7		11	34	150
	7.5	19	54	230	890
	8	120	470	1200	
	8.5	560	2200		
	9	2400			

كتف الطريق خرسانى اوبردورة — Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	5		3	9	42
	5.5	9	42	120	450
	6	96	380	970	3400
	6.5	710	2600		
	7	4200			
MR = 600 psi	5			1	3
	5.5	1	8	23	38
	6	19	34	220	310
	6.5	160	420	1500	3200
	7	1000	3600		
MR = 550 psi	5.5			3	17
	6	3	14	41	160
	6.5	29	120	320	1100
	7	210	770	1900	
	7.5	1100	4000		

Note: Fatigue analysis contro's ine design. *ADTT excludes two-axle, four-tire trucks so total number of trucks allowed will be greater—see text

جدول (٤-١٢): سمك البلاطه الخرسانيه للنوع الثانى من درجة حمل المحور (رصف بفواصل غير وتدية)

كتف الطريق غير خرسانى أو بردورة — No Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Subgrade-subbase support: Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	5.5			.	5
	6		4	12	39
	6.5	9	43	120	490
	7	80	320	840	1200**
	7.5	490	1200**	1500**	
	8	1300**	1900**		
MR = 600 psi	5				11
	6.5		8	24	110
	7	15	70	190	750
	7.5	110	440	1100	2100**
	8	590	1900**		
	8.5	1900**			
MR = 550 psi	6.5			4	19
	7		11	34	150
	7.5	19	34	230	890
	8	120	470	1200	
	8.5	580	2200		
	9	2400			

كتف الطريق خرسانى أو بردورة — Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Subgrade-subbase support: Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	5		3	9	42
	5.5	9	42	120	450
	6	96	380	700**	970**
	6.5	450**	1000**	1400**	2100**
	7	1100**	1900**		
MR = 600 psi	5			1	8
	5.5	1	3	23	98
	5	19	94	220	910
	5.5	180	620	1400**	2100**
	7	1000	1900**		
MR = 550 psi	5.5			3	17
	6	3	14	41	150
	6.5	29	120	320	[illegible]
	7	210	770	1900	
	7.5	1100			

*ADTT excludes two-axle, four-tire trucks; total number of trucks allowed will be greater—see text

**Erosion analysis controls the design, otherwise fatigue analysis controls

جدول (٤-١٣) : سمك البلاطه الخرسانيه للنوع الثالث من درجة حمل المحور (رصف بفواصل وتدية)

كتف الطريق غير خرساني أو بردورة

No Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Subgrade-subbase support: Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	7.5				250
	8		130	350	1,300
	8.5	160	540	1,600	5,200
	9	700	2,700	7,000	11,500**
	9.5	2,700	10,800		
	10	9,800			
MR = 600 psi	8			73	310
	8.5		140	380	1,500
	9	160	540	1,700	5,200
	9.5	630	2,500	6,500	
	10	2,300	9,200		
	10.5	7,700			
MR = 550 psi	8.5			70	300
	9		120	340	1,300
	9.5	120	520	1,300	5,100
	10	460	1,900	4,900	19,100
	10.5	1,900	6,500	17,400	
	11	4,900			

كتف الطريق خرساني أو بردورة

Concrete Shoulder or Curb

Slab thickness, in.	Subgrade-subbase support: Low	Medium	High	Very high
6.5			83	320
7	52	220	550	1,900
7.5	320	1,200	2,900	9,800
8	1,500	5,700	13,800	
8.5	6,900	23,700**		
6.5				57
7			120	440
7.5		270	680	2,300
8	370	1,300	3,200	10,800
8.5	1,500	5,800	14,100	
9	5,600			
7				82
7.5			130	480
8	67	270	670	2,300
8.5	330	1,200	2,900	9,700
9	1,400	4,900	11,700	
9.5	5,100	18,600		

*ADTT excludes two-axle, four-tire trucks; total number of trucks allowed will be greater—see text.

**Erosion analysis controls the design; otherwise fatigue analysis controls.

جدول (٤-١٤): سمك البلاطه الخرسانيه للنوع الثالث من درجة حمل المحور (رصف بفواصل غير وتدية)

كتف الطريق غير خرسانى أو بردورة

No Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Subgrade-subbase support: Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	7.5			50**	250**
	8		130**	350**	830
	8.5	160**	440**	900	1,300
	9	630	1,000	1,300	2,000
	9.5	960	1,500	2,000	2,900
	10	1,300	2,100	2,800	4,300
	10.5	1,800	2,900	4,000	6,300
	11	2,500	4,000	5,700	9,200
	11.5	3,300	5,500	7,900	
	12	4,400	7,500		
MR = 600 psi	8			73**	310**
	8.5		140**	380**	1,300
	9	160**	540**	1,300	2,000
	9.5	630**	1,500	2,000	2,900
	10	1,300	2,100	2,800	4,300
	10.5	1,800	2,900	4,000	6,300
	11	2,500	4,000	5,700	9,200
	11.5	3,300	5,500	7,900	
	12	4,400	7,500		
MR = 550 psi	8				56**
	8.5			70**	300**
	9		120**	340**	1,300**
	9.5	120**	520**	1,300**	2,900
	10	460**	1,900**	2,800	4,300
	10.5	1,600**	2,900	4,000	6,300
	11	2,500	4,000	5,700	9,200
	11.5	3,300	5,500	7,900	
	12	4,400	7,500		

كتف الطريق خرسانى أو بردورة

Concrete Shoulder or Curb

	Slab thickness, in.	Subgrade-subbase support: Low	Medium	High	Very high
MR = 650 psi	7		220**	510	750
	7.5	320**	940	890	1,400
	8	610	1,100	1,500	2,500
	8.5	950	1,800	2,700	4,700
	9	1,500	2,900	4,600	8,700
	9.5	2,300	4,700	8,000	
	10	3,500	7,700		
	10.5	5,300			
	11	8,100			
MR = 600 psi	7			120**	440**
	7.5	67**	270**	680**	1,400
	8	370**	1,100	1,500	2,500
	8.5	950	1,800	2,700	4,700
	9	1,500	2,900	4,600	8,700
	9.5	2,300	4,700	8,000	
	10	3,500	7,700		
	10.5	5,300			
	11	8,100			
MR = 550 psi	7				52**
	7.5			130**	480**
	8	67**	270**	870**	2,300**
	8.5	330**	1,200**	2,700	4,700
	9	1,400**	2,900	4,600	8,700
	9.5	2,300	4,700	8,000	
	10	3,500	7,700		
	10.5	5,300			
	11	8,100			

*ADTT excludes two-axle, four-tire trucks; total number of trucks allowed will be greater—see text.

**Fatigue analysis controls the design; otherwise erosion analysis controls.

٤-٣-٣: مثال لتصميم الرصف الصلب:

اذا فرض ان الطريق المطلوب تصميم بلاطات خرسانة له مكون من ٤ حارات وجزيرة وسطى وان متوسط حجم المرور اليومى عليه = ٩٦٦٣ مركبة/يوم وأن:

معدل النمو السنوى للمرور= ٢٪

نسبة النقل الثقيل علية = ٢٢,٣٪

أقصى حمل محور مفرد متوقع = ١٠طن

أقصى حمل محور مزدوج متوقع = ١٦ طن

الطبانات غير خرسانية

الوصلات مزودة بأسياخ وتدية

معامل تحمل كاليفورنيا (CBR) للتربة التأسيسية = ٤٪

سمك طبقة الأساس = ١٠ سم (أساس غير معالج)

مقاومة الانحناء للخرسانة (MR) = ٣٨ كجم/سم٢

ومعامل الأمان للحمل = ١,٢

والفترة التصميمية = ٢٠سنة.

والبيانات التفصيلية لعدد واحمال محاور المركبات المتوقع مروره على الطريق كالتالى.

نوع المحور	وزن المحور	عدد المحاور (بالمليون)
مفرد	٦	٦,٤٤
مفرد	٧	٤,٥٨
مفرد	٨	٢,٩٥
مفرد	٩	١,٥٠
مفرد	١٠	٠,١٠
مزدوج	١٠	١,٢٠
مزدوج	١٢	٠,٥٥
مزدوج	١٤	٠,٣٥
مزدوج	١٦	٠,١١

٤-٣-٣-١ :إيجاد سمك البلاطة بأستخدام الطريقة التحليلية:

١ – من الشكل رقم (٢-٢) يتبين ان معامل رد فعل التربة (K) للتربة التأسيسية = ١٣٠ رطل/بوصة^3 (٣,٦كجم/سم٣)

٢ – من الجدول رقم (٢-٦-أ) يتبين ان قيمة معامل رد الفعل لطبقة الأساس = ١٦٠ رطل/ بوصة^3 (٤,٤كجم/سم٣).

٣ – يتم فرض سمك للبلاطة الخرسانية = ٢٤ سم (٩,٥ بوصة).

٤ – من الجدول رقم (٤-٣) يتبين ان الإجهاد المكافئ:

للحمل المفرد = ٢٠٠ رطل/بوصة^2(١٤كجم/سم٢)

للحمل المزدوج = ١٨٣ رطل/بوصة^2 (١٢,٩٠كجم/سم٢)

٥ – كما هو مبين فى النموذج المرفق شكل رقم (٤-٥) عمود (٢) يتم ضرب حمل المحور فى معامل أمان الحمل والمعطى فى المثال = ١,٢.

٦ – يحسب معامل نسبة الإجهاد بنسبة الإجهاد المكافئ على مقاومة الانحناء.

معامل نسبة الإجهاد للحمل المفرد = ٣٨/١٤ =٠,٣٧

معامل نسبة الإجهاد للحمل المزدوج = ١٢,٩٠/٣٨ = ٠,٣٤

٧ - من الجدول رقم (٤-٥) يتبين ان معامل التآكل

للحمل المفرد = ٢,٥٩

للحمل المزدوج = ٢,٧٨

٨ - من الشكل رقم (٤-٢) يحسب التكرار المسموح فى تحليل الكلال لكل حمل (عمود ٤).

٩ - تحسب نسبة الكلال لكل حمل بقسمة التكرار المتوقع على التكرار المسموح للحمل (عمود ٥).

١٠ - مجموعة نسبة الكلال الكلية = ٨٧,٥٪ اقل من ١٠٠

١١ - من الشكل رقم (٤-٣) يتبين ان التكرار المسموح به فى تحليل التآكل كما هو مبين بالعمود (٦).

١٢ - نسبة التآكل الناتجة من كل محور (عمود٧).

١٣ - مجموع نسبة التآكل الكلية =١٠,٢٪.

مما سبق يتبين ان سمك البلاطة المناسب = ٢٤سم.

اسم المشروع : طريق خلوى ٤ حارات وجزيرة وسطى

سمك البلاطة المقترح :٢٤ سم الوصلات ذات الأسياخ الوتدية : نعم

معامل رد فعل (طبقة الجسر- الأساس) K:٤,٤ كجم/سم٣

الأكتاف خرسانية ٠٠٠نعم

فترة التصميم : ٢٠عام

معامل الكسر للخرسانة: ٣٨ كجم/سم٢ معامل أمان الحمل:١,٢

الحمل المحورى	مضروب فى معامل أمان الحمل	التكرار المتوقع	تحليل الكلال		تحليل التآكل	
			التكرار المسموح	نسبة الكلال	التكرار المسموح	نسبة التآكل
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧

الحمل المفرد:

٨ – الإجهاد المكافئ = ١٤، ٩ – معامل نسبة الإجهاد =٠,٣٧، ١٠ – معامل التأكل = ٢,٥٩

٦	٧,٢	٦٤٠٠٠٠	غير محدد	–	–	–
٧	٨,٤	٤٥٥٨٠٠٠	غير محدد	–	–	–
٨	٩,٦	٢٩٥٠٠٠٠	غير محدد	–	–	–
٩	١٠,٨	١٥٠٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠٠	٣٧,٥	٨٠٠٠٠٠٠٠	٣,٧
١٠	١٢	١٠٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	٥٠	١٠٠٠٠٠٠٠	٤

الحمل المزدوج:

١١– الإجهاد المكافئ = ١٢,٩٠، ١٢ – معامل نسبة الإجهاد = ٠,٣٤٥ ، ١٣ – معامل التأكل = ٢,٧٨

١٠	١٢	١٢٠٠٠٠٠	غير محدد	–	–	–
١٢	١٤,٤	٥٥٠٠٠٠	غير محدد	–	غير محدد	–
١٤	١٦,٨	٣٥٠٠٠٠	٤٠٠٠٠٠٠	–	٣٥٠٠٠٠٠٠	١
١٦	١٩,٢	١١٠٠٠٠	٢٠٠٠٠٠	–	٨٠٠٠٠٠٠	١,٥
			الإجمالى ٨٧,٥		الإجمالى ١٠,٢	

شكل (٤–٥): نموذج لحساب سمك البلاطة الخرسانية

٤-٣-٣-٢ : إيجاد سمك البلاطة باستخدام الطريقة المبسطة:

- متوسط حجم المرور اليومى = ٩٦٦٣ مركبة/يوم
- معامل الأمان للحمل= ١,٢
- حجم المرور التصميمى = ١,٢x٩٦٦٣ = ١١٥٩٦
- حجم المرور لمركبات النقل x٩٦٦٣x ١,٢ = ٢٥٨٦
 مركبة /يوم = ٢٢,٣/١٠٠
- حجم المرور للنقل فى الحارة التصميمية = ٠,٤٥x ٢٥٨٦ = ١١٦٤ مركبة
- معامل الكسر للخرسانة (MR)=٣٨كجم/سم٢
- يستخدم وصلات مزودة بأسياخ وتديه
- لا يستخدم طبانات خرسانية.
- التربة التأسيسية C.B.R = ٤٪ ، معامل رد فعل التربة = ٣,٣ كجم/سم٣
- طبقة الأساس = ٦٠٪ ، معامل رد فعل طبقة الأساس = ٣,٨٦ كجم/سم٣
- من جدول رقم (٤-١٣) نجد سمك الطبقة الخرسانية = ٢٥سم

٤-٣-٤ : حديد التسليح والفواصل:

بالإضافة الى شبك حديد التسليح المشار إليه فى البند رقم ٤-١ يتم الأخذ فى الاعتبار الأنواع التالية من حديد التسليح:

٤-٣-٤-١: الأسياخ الوتدية

أسياخ حديد ذات سطح أملس تستخدم فى نقل الحمل بين البلاطات المتجاورة. هذه الأوتاد تشحم وتدهن أو يطلى نصفها بطبقة من البتومين لتقليل مقاومة التماسك بينها وبين الخرسانة وسوف تعرض بمزيد من التفاصيل فى الجزء الخاص بالفواصل. والجدول(٤-١٥) يبين أبعاد الأسياخ الوتدية التى تستخدم فى التصميم.

٤-٣-٣-٢ : إيجاد سمك البلاطة باستخدام الطريقة المبسطة:

- متوسط حجم المرور اليومى = ٩٦٦٣ مركبة/يوم
- معامل الأمان للحمل= ١,٢
- حجم المرور التصميمى = ١,٢x٩٦٦٣ = ١١٥٩٦
- حجم المرور لمركبات النقل x٩٦٦٣x ١,٢ = ٢٥٨٦
  مركبة /يوم = ١٠٠/٢٢,٣
- حجم المرور للنقل فى الحارة التصميمية = ٠,٤٥x ٢٥٨٦ = ١١٦٤ مركبة
- معامل الكسر للخرسانة (MR)=٣٨كجم/سم٢
- يستخدم وصلات مزودة بأسياخ وتديه
- لا يستخدم طبانات خرسانية.
- التربة التأسيسية C.B.R = ٤٪ ، معامل رد فعل التربة = ٣,٣ كجم/سم٣
- طبقة الأساس = ٦٠٪ ، معامل رد فعل طبقة الأساس = ٣,٨٦ كجم/سم٣
- من جدول رقم (٤-١٣) نجد سمك الطبقة الخرسانية = ٢٥سم

٤-٣-٤ : حديد التسليح والفواصل:

بالإضافة الى شبك حديد التسليح المشار إليه فى البند رقم ٤-١ يتم الأخذ فى الاعتبار الأنواع التالية من حديد التسليح:

٤-٣-٤-١: الأسياخ الوتدية

أسياخ حديد ذات سطح أملس تستخدم فى نقل الحمل بين البلاطات المتجاورة. هذه الأوتاد تشحم وتدهن أو يطلى نصفها بطبقة من البتومين لتقليل مقاومة التماسك بينها وبين الخرسانة وسوف تعرض بمزيد من التفاصيل فى الجزء الخاص بالفواصل. والجدول(٤-١٥) يبين أبعاد الأسياخ الوتدية التى تستخدم فى التصميم.

٤-٣-٤-٢: الأسياخ الرابطة:

تستخدم كوسيلة لربط البلاطات بالخرسانة بعضها ببعض وذلك لمنع الحركة الأفقية للبلاطات ، ويجب ان تكون ذات سطح يمكنها الالتصاق بالخرسانة وذلك باستخدام أسياخ حديد ذات نتوءات. وتتناسب كمية الحديد المطلوبة طرديا مع طول البلاطة(المسافة بين الفواصل) وبالتالى يمكن تقليلها بتقصير طول البلاطة. وبصفة عامة يستخدم أسياخ بقطر ٨/٥ بوصة(١٦مم) وعلى مسافات بينية تساوى ٣ أقدام(٩٠سم).

جدول(٤-١٥) : أبعاد الأسياخ الوتدية

سمك البلاطة (سم)	قطر الوتد (سم)	طول الوتد (سم)	المسافة بين الأوتاد (سم)
١٥	٢	٤٥	٣٠
١٨	٢,٥	٤٥	٣٠
٢٠	٢,٥	٤٥	٣٠
٢٣	٣,٠	٤٥	٣٠
٢٥	٣,٠	٤٥	٣٠
٢٨	٣,٠	٤٥	٣٠
٣٠	٣,٨	٤٥	٣٠
٣٣	٣,٨	٤٥	٣٠
٣٥	٣,٨	٤٥	٣٠

٤-٣-٤-٣: فواصل الرصف الصلب:

تنقسم الفواصل الأزمة للتحكم فى الشروخ الى:

١- فواصل الانكماش العرضية

٢- فواصل التمدد العرضية

٣- الفواصل الطولية

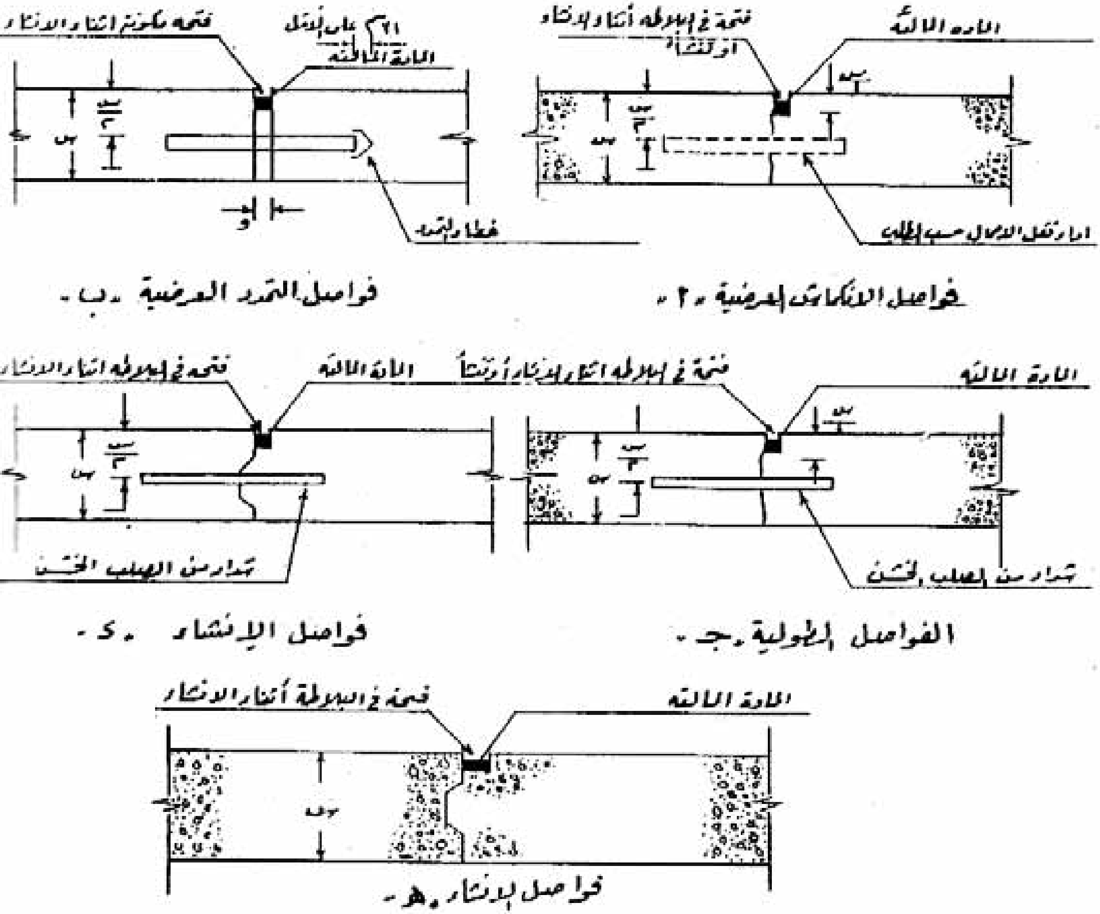
٤ - فواصل الإنشاء

٤-٣-٤-٣-١: فواصل الانكماش العرضية:

تنفذ فواصل الانكماش العرضية للبلاطات الخرسانية(العادية والمسلحة) للتحكم فى الشروخ الناتجة من الانكماش فى الخرسانة وتتراوح مسافات تنفيذ هذه الفواصل كما يلى:

- فى حالة البلاطات من الخرسانة العادية من ٤,٥ الى ٦متر.
- فى حالة البلاطات من الخرسانة المسلحة من ١٢,٠ الى ٣٠متر.

ويتم تنفيذ هذه الفواصل عن طريق عمل فتحة فى البلاطة تنشر بواسطة أنواع خاصة من المناشير بعد تماسك الخرسانة او عن طريق وضع شرائح مؤقتة من المعدن او البلاستيك فى مكان الفاصل أثناء صب الخرسانة ، ويتراوح اتساع الفاصل من ٨-١٠ مم وعمق يعادل سدس سمك البلاطة على الأقل كما فى الشكل (٤-٦-أ) ومن الممكن وضع أوتاد حديد ملساء لربط البلاطات المتجاورة ببعضها وتدهن نصف الأوتاد بمادة بيتومين لمنع التماسك بينها وبين الخرسانة ويسمح بالتالى للأوتاد بالانزلاق داخل البلاطة الخرسانية على ناحية واحدة من الفاصل، كما يراعى وضع الأوتاد على ارتفاع ثابت وعلى مسافات بينية متساوية. ويتم اختيار أبعاد الأوتاد الحديدية المستخدمة عند الفواصل كما فى الجدول رقم (٤-١٥).



شكل(٤–٦): فواصل الرصف الصلب

٤-٣-٤-٣-٢: فواصل التمدد العرضية:

ان وجود هذه الفواصل يتيح الفرصة للبلاطة بالتمدد دون حدوث اى تتوء بـــها وتنفذ عن طريق عمل فتحة فى البلاطة أثناء الإنشاء باتساع من ٢-٢,٥سم على مسافات تتراوح من ١٠ - ٤٥م على ان يتم ملئ الفواصل بمـــواد غـــير قابلـــة للأنضغاط مثل الفلين والمطاط الإسفنجي وبعض أنواع الخشب ويجب ان يطلى نصف الوتد المستخدم فى فواصل التمدد بالبيتومين او اى أنواع من الشحوم لمنع التماسك بينه وبين الخرسانة حتى يسمح له بالاتزان للدخول او الخـــروج مـــن البلاطة الخرسانية وتوضع الأوتاد فى ماسورة او أى تركيب آخر يسمح بحركـــة الأوتاد داخلها نتيجة التمدد الأفقـــى للبلاطـــة الخرســـانية كمـــا هـــو موضـــح بالشكـــــل(٤-٦-ب).

٤-٣-٤-٣-٣: الفواصل الطولية :

يلزم استخدام فواصل طولية فى الطرق الخرسانية بين حارات المرور المتجاورة وتصمم هذه الفواصل فى صورة تفصيلية لتدعيم أطـــراف البلاطـــة والســـماح بحركة دورانية بين البلاطات وبالتالى تؤدى الى تخفيف اجهادات الانحناء ويتـــم ذلك عن طريق عمل فتحه فى البلاطة تنشر او تعمل أثناء الإنشاء بعمق لا يقـــل عن ٤/١ سمك البلاطة وتستخدم الأسياخ ذات السطح الخشن فى فواصل التمـــدد الطولى لتماسك البلاطات المتجاورة تماسكا محكما ويتم اختيار أبعـــاد الأســـياخ الحديد المستخدم العالى المقاومة كما فى الجدول رقم (٤-١٦) كما هو موضـــح بالشكل (٤-٦-جـ).

جدول (٤-١٦): أبعاد الأسياخ الحديد المستخدمة فى الفواصل الطولية

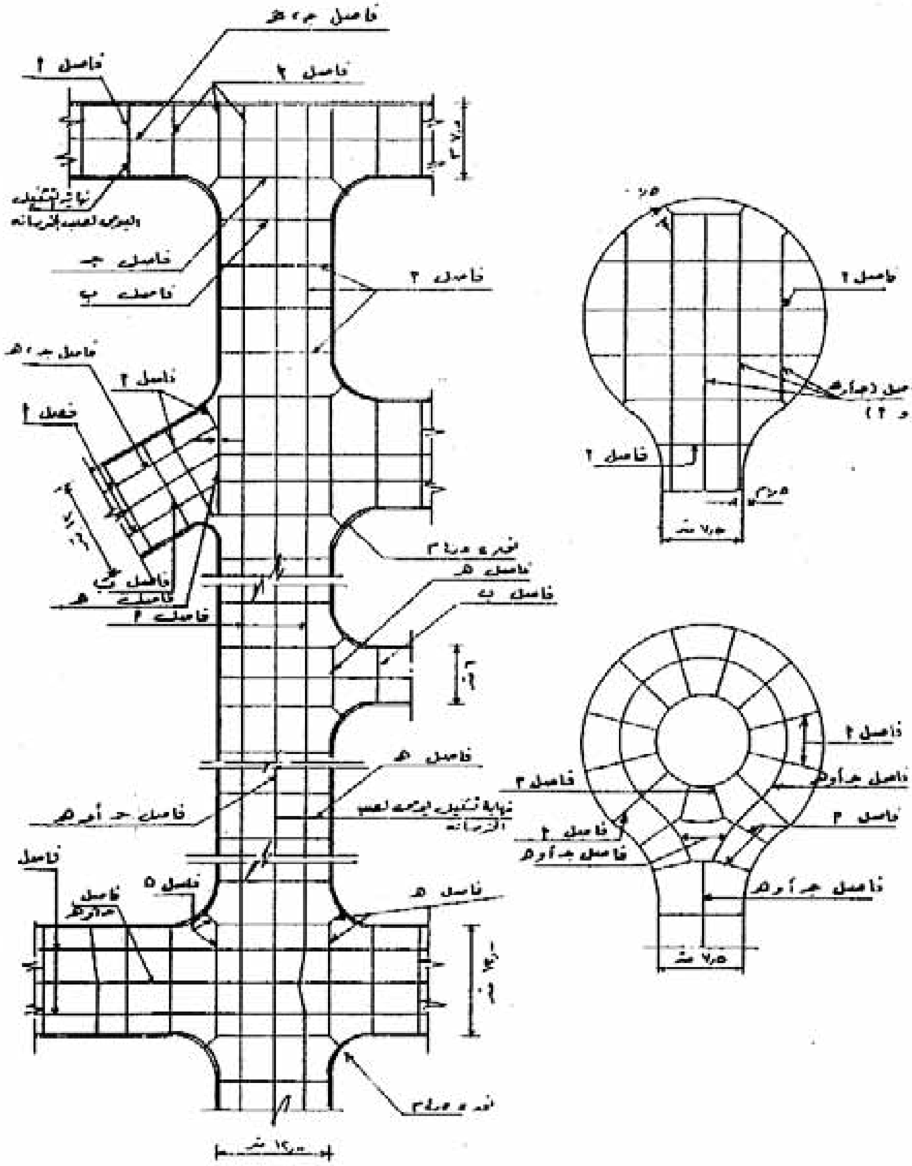
سمك البلاطة (سم)	سيخ بقطر ١٢مم		سيخ بقطر ١٦مم	
	الطول (سم)	المسافة القصوى(سم)	الطول (سم)	المسافة القصوى(سم)
١٥	٦٥	١٢٠	٧٥	١٢٠
٢٠	٦٥	١٠٠	٧٥	١٢٠
٢٥	٦٥	٨٠	٧٥	١٢٠

٤-٣-٤-٣-٤: فواصل الإنشاء:

تستخدم هذه الفواصل العرضية اذا توقف صب الخرسانة فى الطريق لمدة طويلة وتعمل هذه الفواصل بأنهاء الرصف راسيا باستخدام ألواح من الخشب والحديد ويفضل ترك طرف رباط فى الخرسانة المصبوبة ليعمل على نقل الحمل وتستخدم الشدادات ذات السطح الخشن لتحكم التماسك بين البلاطات المتجاورة وفى حالة إحلال فواصل الإنشاء محل فواصل الانكماش فانه يمكن استخدام الأوتاد الملساء بدلا من الشدادات الخشنة. كما هو موضح بالشكل رقم (٤-٦-د) و(٤-٦-هـ).

٤-٣-٤-٣-٥: ملء الفواصل:

يلزم ضرورة تنظيف الفواصل بأنواعها قبل ملئها بطريقة محكمة لمنع تسرب المياه خلالها للأساس الحامل للرصف دون ان تكون المواد المالئة عائقا ضد الحركة المسموح بها للبلاطات الخرسانية، وعادة تكون المواد المالئة من بعض أنواع الإسفلت او بعض تركيبات مختلفة من المطاط وبعض منها تصب فى الموقع ساخنة ثم تتجمد بالبرودة وقد تستخدم المواد الأخرى التى تصب فى الموقع وهى باردة.



شكل (٤-٧): توزيع شكل فواصل الرصف

٤-٣-٤-٣-٦: توزيع فواصل الرصف:

يمكن الاسترشاد بتقسيم البلاطات وأنواع الفواصل المختلفة في التقاطعات العمودية والتقاطعات الغير عمودية والطرق الدائرية بالشكل(٤-٧).

٤-٣-٥: خطوات اختيار التصميم الإنشائي للرصف الصلب

يلخص شكل (٤-٨) خطوات التصميم الإنشائي للرصف الصلب. والاختيار النهائي للتصميم الملائم لقطاع الرصف يكون بإتباع هذه الخطوات وكذلك بأخذ العوامل التالية في الاعتبار:

- اقل وحدة تكلفة.
- الظروف البيئية المحيطة.
- الاختلاف في خصائص المواد المطلوبة.
- أساليب الإنشاء المحلية المتاحة.
- مستوى أداء الرصف المطلوب الحصول عليه.
- متطلبات الصيانة الروتينية ومدى توافرها.

٤-٣-٦: تقرير التصميم

يمكن الاستعانة بالنموذج الموضح بالشكل رقم (٤-٩) لإعداد التقرير الخاص للطريق المراد تصميمه كما يلي:

- يتم في بداية النموذج تحديد بيانات خاصة باسم المشروع وسمك البلاطة المقترح ونوعية الوصلات المستخدمة وفترة التصميم ومعامل أمان الحمل.
- يتم تحديد الإجهاد المكافئ ومعامل نسبة الإجهاد ومعامل التآكل لكل من الحمل المفرد والحمل المزدوج باستخدام الجداول والأشكال الموضحة في طريقة التصميم. بند(٤-٣).

٤-٣-٤-٣-٦: توزيع فواصل الرصف:

يمكن الاسترشاد بتقسيم البلاطات وأنواع الفواصل المختلفة فى التقاطعات العمودية والتقاطعات الغير عمودية والطرق الدائرية بالشكل(٤-٧).

٤-٣-٥: خطوات اختيار التصميم الإنشائى للرصف الصلب

يلخص شكل (٤-٨) خطوات التصميم الإنشائى للرصف الصلب. والاختيار النهائى للتصميم الملائم لقطاع الرصف يكون بإتباع هذه الخطوات وكذلك بأخذ العوامل التالية فى الاعتبار:

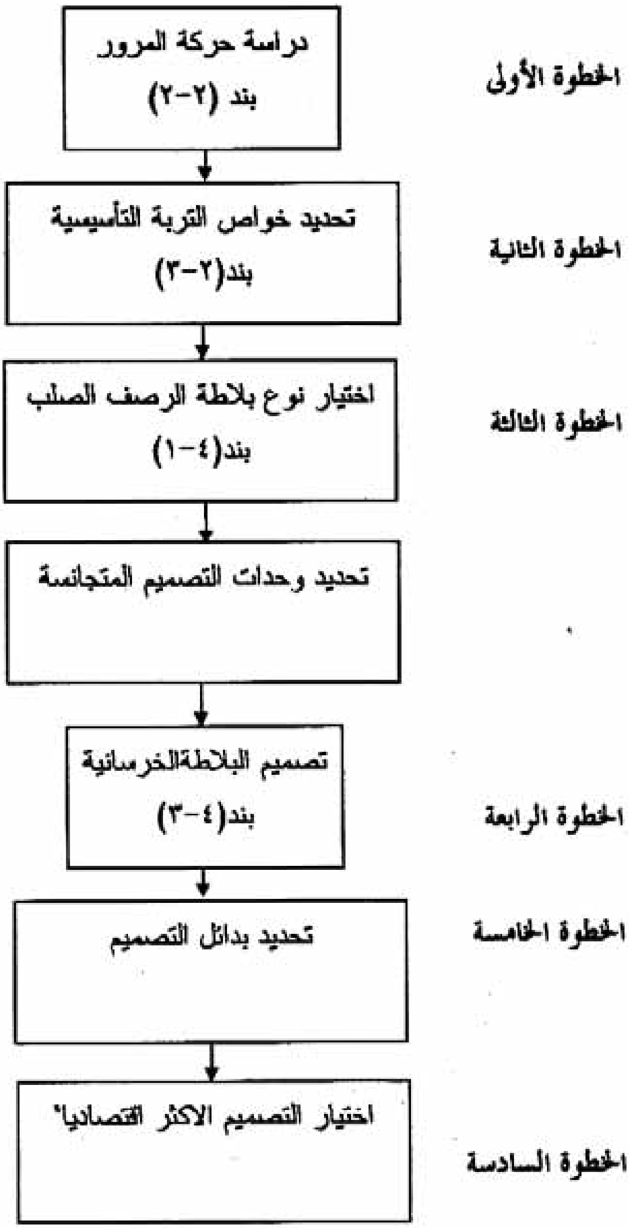
- اقل وحدة تكلفة.
- الظروف البيئية المحيطة.
- الاختلاف فى خصائص المواد المطلوبة.
- أساليب الإنشاء المحلية المتاحة.
- مستوى أداء الرصف المطلوب الحصول عليه.
- متطلبات الصيانة الروتينية ومدى توافرها.

٤-٣-٦: تقرير التصميم

يمكن الاستعانة بالنموذج الموضح بالشكل رقم (٤-٩) لإعداد التقرير الخاص للطريق المراد تصميمه كما يلى:

- يتم فى بداية النموذج تحديد بيانات خاصة باسم المشروع وسمك البلاطة المقترح ونوعية الوصلات المستخدمة وفترة التصميم ومعامل أمان الحمل.
- يتم تحديد الإجهاد المكافئ ومعامل نسبة الإجهاد ومعامل التآكل لكل من الحمل المفرد والحمل المزدوج باستخدام الجداول والأشكال الموضحة فى طريقة التصميم. بند(٤-٣).

- يتم معرفة نسبة تحليل الكلال وتحليل التآكل بقسمة قيمة التكرار المتوقع للحمل على قيمة التكرار المسموح وضرب الناتج ×١٠٠.
- يحسب إجمالي التالف الكلي نتيجة التآكل والكلال في نهاية عمود تحليل التآكل والكلال والتحقق من صحة التصميم عن طريق نقص نسبة الكلال الكلي او التآكل الكلي عن ١٠٠%.
- يتم تحديد قطاع الرصف التصميمي موضحاً به:
  - توصيف طبقة الأساس من حيث التدرج والنوعية وتحديد سمك الطبقة.
  - توصيف البلاطات الخرسانية من حيث معامل الكسر للخرسانة ونوعية وتدرج المواد وأبعاد وسمك البلاطة.
  - توصيف الحديد المستخدم في البلاطات الخرسانية والوصلات وتحديد عدد الأسياخ لكل متر في الاتجاه الطولي والعرضي للبلاطة وعدد الأسياخ الوتدية للوصلات.



شكل (٤-٨): خطوات اختبار التصميم الإنشائى للرصف الصلب

اسم المشروع:

سمك البلاطة المقترح: الوصلات ذات الأسياخ الوتدية: نعم لا

معامل رد الفعل (طبقة الجسر – الأساس) k: الأكتاف خرسانية: نعم لا

معامل الكسر للخرسانة: فترة التصميم: عام

معامل أمان الحمل:

الحمل المحوري	مضروب في معامل أمان الحمل	التكرار المتوقع	تحليل الكلال		تحليل التآكل	
			التكرار المسموح	نسبة الكلال	التكرار المسموح	نسبة التآكل
١	٢	٣	٤	٥	٦	٧

الحمل المفرد:

٨ – الإجهاد المكافئ ٩ – معامل نسبة الإجهاد ١٠ – معامل التآكل

٦						

الحمل المزدوج:

١١ – الإجهاد المكافئ ١٢ – معامل نسبة الإجهاد ١٣ – معامل التآكل

			الإجمالي		الإجمالي	

<u>قطاع الرصف التصميمي:</u>

– طبقة الأساس:

الوصف :

السمك

– البلاطة الخرسانية:

الوصف:

أبعاد البلاطة : X متر سمك البلاطة: سم

– تسليح البلاطة: نعم لا

– الوصف :

– الأسياخ الوتدية: نعم – عدد /م في الاتجاه الطولي

– الوصف: – عدد /م في الاتجاه العرضي

– عدد /م

شكل رقم (٤–٩) نموذج لحساب سمك البلاطة الخرسانية

٤-٤: الاعتبارات الخاصة :

٤-٤-١: تصميم الرصف الصلب للطرق المحلية وتوزيع شكل الفواصل:

- يتوقف عرض الطرق على نوعية وحجم المركبات المارة عليها ويتراوح عرض الحارة للاتجاه الواحد من ٣ الى ٣,٥ متر.
- يتم تحديد سمك البلاطة الخرسانية بناء على أحمال المرور المتوقعة كما يلى:

أ - اذا كان حمل المرور المتوقع اقل من او يساوى ٢,٥٠ طن (حمل محورى مفرد) فيجب ألا يقل سمك البلاطة عن ١٢سم.

ب - اذا كان حمل المرور المتوقع فى حدود ٤,٥طن (حمل محورى مفرد) فيجب ألا يقل سمك البلاطة عن ١٥ سم.

وفى حالة أحمال المرور المتوقعة اكبر من ذلك يتم استخدام طرقة التصميم الموضحة فى بند (٤-٣).

يمكن الاسترشاد بالشكل رقم(٤-٧) الخاصة بتوزيع الأنواع المختلفة من فواصل الرصف ويتم عمل فواصل تمدد حول غرف التفتيش كما هو موضح بشكل رقم(٤-١٠).

٤-٤-٢: ساحات الانتظار ومواقف الأتوبيسات:

يتم تحديد سمك الرصف الصلب لساحات الانتظار بناء على حمل المرور المتوقع كما يلى:

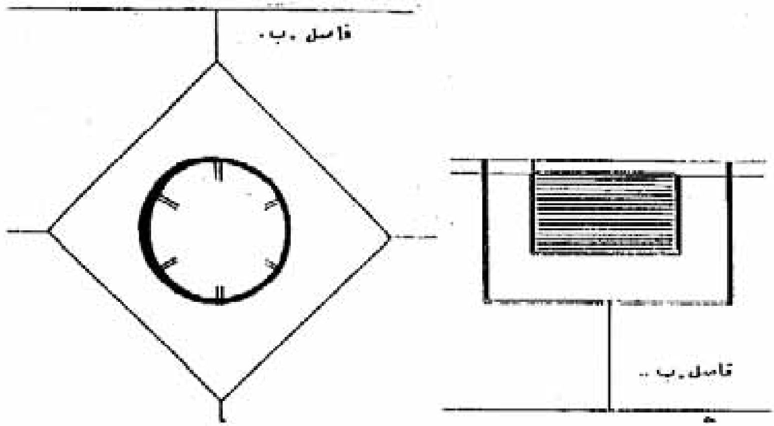
- فى حالة اذا كان حمل المرور المتوقع اقل من او يساوى ٢,٥ طن (حمل محورى مفرد) فيجب ألا يقل سمك البلاطة عن ١٥سم.
- فى حالة اذا كان حمل المرور المتوقع اقل من أو يساوى ٤,٥طن (حمل محورى مفرد) فيجب الا يقل سمك البلاطة عن٢٠سم.
- وفى حالة أحمال المرور المتوقعة اكبر من ذلك يتم استخدام طريقة التصميم الموضحة فى بند (٤-٣).

٤-٥: تفاصيل إنشائية اعتبارات عامة :

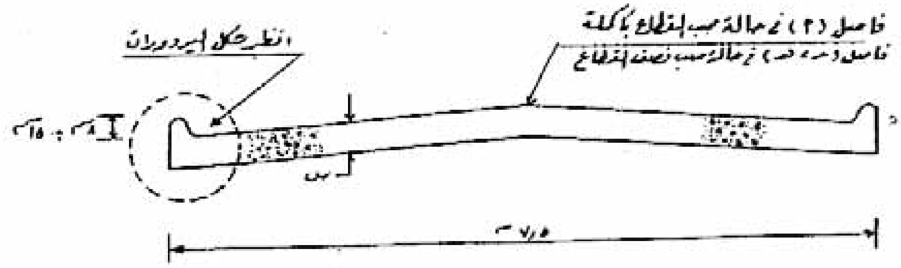
٤-٥-١: القطاعات العرضية النموذجية:

فى حالة إنشاء طريق ذو اتجاهين (عدد٢حارة) ينفذ فاصل الانكماش العرضى (٤-٦-أ) فى منتصف البلاطة عند صب القطاع العرضى بأكملة ، وينفذ فاصل الإنشاء (٤-٦-هـ) او فاصل طولى (٤-٦-جـ) فى حالة صب نصف القطاع العرضى كما فى الشكل(٤-١١).

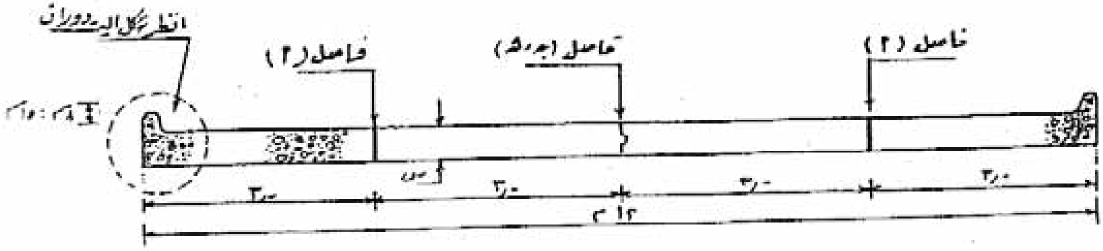
وفى حالة إنشاء طريق ذو اتجاهين مزدوج (عدد٤ حارات) ينفذ فاصل الانكماش العرضى(٤-٦-أ) فى منتصف كل اتجاه ، ويعمل فاصل إنشاء(٤-٦-هـ) او فاصل طولى (٤-٦-جـ) فى منتصف القطاع العرضى كما هو موضح بالشكل رقم (٤-١٢).



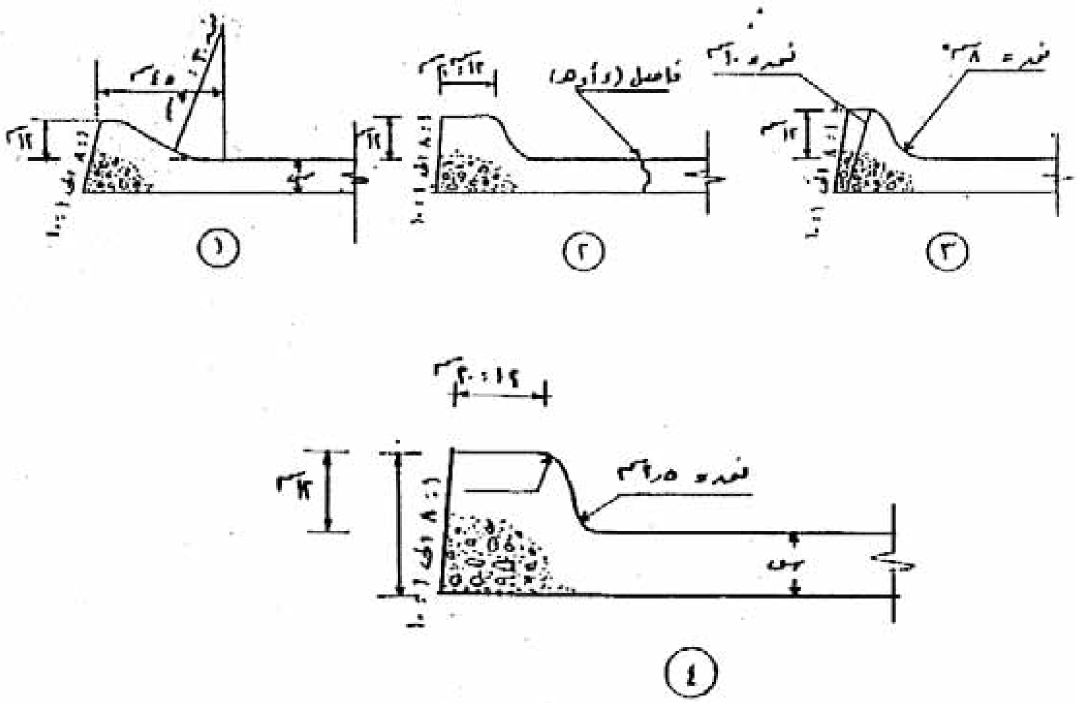
شكل (٤-١٠): فواصل التمدد حول غرف التفتيش



شكل (٤-١١) : قطاع عرضي نموذجي لانشاء ورصف طريق ذو اتجاهين :
عدد(٢) حارة بعرض رصف ٧,٥ متر



شكل (٤-١٢): قطاع عرضي نموذجي لإنشاء ورصف طريق ذو اتجاهين :
عدد(٤) حارات بعرض رصف ١٢,٠ متر



شكل (٤-١٣) : أشكال مقترحة لبردورات للرصف الصلب

٥-١: تقوية الرصف المرن

٥-١-١: دواعي تقوية الرصف المرن

هناك العديد من العوامل التى تؤثر على كفاءة وعمل الرصف المرن منها زيادة أحمال المرور والعوامل الطبيعية الى جانب أسباب عدم جودة المصنعية فى بعض الأحيان مما يؤدى الى وجوب تقوية الرصف الحالى حتي يتمكن من القيام بوظائفه المطلوبة ، واهم دواعي تقوية الرصف الحالى هى:

أ - سوء حالة الرصف ووجود تشوهات وعيوب فى الرصف الإسفلتى.

ب - عدم قدرة الرصف الحالى على تحمل زيادة حركة المرور على الطريق.

جـ - التغير فى خواص المواد المستخدمة فى إنشاء الطريق نتيجة للعوامل الطبيعية او زيادة أحجام المرور او ارتفاع مستوى المياه الجوفية.

٥-١-٢ : تقييم الرصف الحالى

الغرض من دراسات تقييم الرصف هو تحديد القدرة الإنشائية له ومعرفة أسباب حالة هذا الرصف ، وتختلف أنواع تقييم الرصف طبقا للمعدات المتاحة وتكلفة استخدامها، ويمكن تصنيف دراسات تقييم الرصف للأنواع الثلاثة الأتية:

١ - تحليل عناصر الرصف والقدرة الإنشائية للقطاع الحالى عن طريق اخذ جسات فى الطريق تبين الأسماك الفعلية للطبقات ونوعية وكفاءة كل طبقة.

٢ - التقييم باستخدام الاختبارات غير المتلفة لقياس الهبوط الفعلى واستنباط القطاع الإنشائى الحالى بمعلومية قيم الهبوط.

٣ - مسح حالة الرصف لتحديد صفات وخصائص سطح الرصف الحالى ، ويتم هذا بإستخدام إحدى الطريقتين الاتيتين:

أ - قياسات عدم استواء السطح فى الاتجاه الطولى.

ب - التقييم البصرى لحالة سطح الرصف.

٥-١-٣: تقويةالرصف بتحليل عناصر الرصف الحالى

١ - تحديد الأحمال المرورية الحالية المتوقعة المعرض لها الطريق

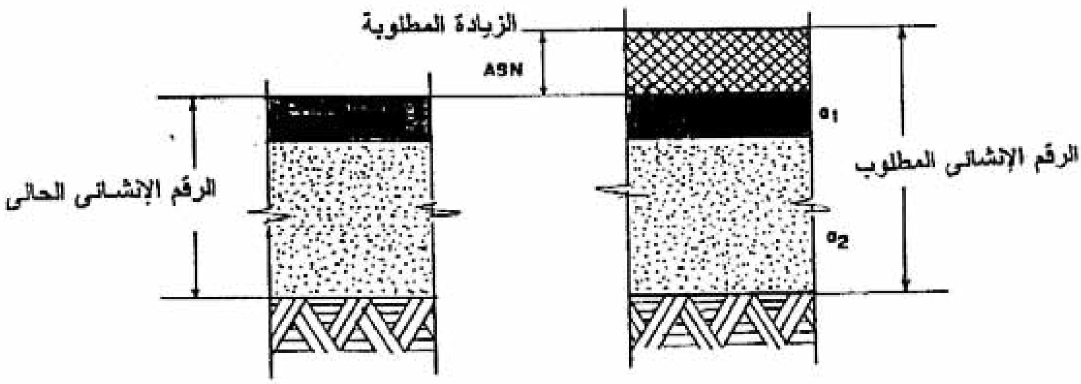
٢ - تؤخذ جسات كل ١كم من طول الطريق او عند كل تغيير فى قطاع الطريق او المنطقة المحيطة او نوعية التربة التأسيسية.

٣ - تحديد القدرة الإنشائية لقطاع الرصف الحالى بمعلومية الأسماك الفعلية ونوعية وكفاءة المواد المستخدمة.

٤ - يحسب سمك طبقة التغطية الجديدة على أساس تحديد أحمال المرور الحالية وتحويل طبقات الرصف القديمة الى ما يعادلها من طبقات جديدة (مكافئة) طبقا لطريقة التصميم الواردة فى بند (٣-٣) كماهو موضح بالشكل (٥-١).

٥ - يتم حساب معاملات قوة طبقات الرصف القديم طبقا لنتائج الاختبارات المعملية عليها وطبقا للقيم الواردة بالجداول من (٣-٢) الى (٣-٥) مع مراعاة ان تقل هذه القيم عن قيم معاملات قوة طبقات التغطية.

٦ - فى حالة عدم التمكن من إجراء الاختبارات المعملية يمكن استخدام معاملات "إهلاك" عند تصميم طبقات التغطية بحيث يمكن الحصول على سمك حقيقى للرصف بدلالة سمك الرصف القائم بالخدمة وقت التقييم ويوضح جدول (٥-١) معاملات تحويل سمك من رصف معلوم مكوناته الى السمك المكافئ من المواد القياسية ويلاحظ ان هذه المعاملات تعتمد على الحالة التى كان عليها الرصف أثناء تقييمه حيث تم تحديدها بمعرفة معهد الإسفلت الأمريكى بناء على العديد من القياسات الحقلية ويمكن استخدامها فى طرق التصميم المختلفة.



شكل (٥-١) استخدام الرقم الإنشائى فى تصميم طبقة التغطية

نوع المادة	المكافئ
مواد إسفلتية :	
بوصة واحدة خرسانة إسفلتية بها شروخ.	٠,٩-١,٠ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة أساس معالج بالإسفلت	٠,٧-٠,٩ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خلطة إسفلتية سائلة	٠,٧-٠,٩ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة إسفلتية شروخ بسيطة.	٠,٧-٠,٩ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة إسفلتية شروخ ثابتة.	٠,٥-٠,٧ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة إسفلتية شروخ شديدة.	٠,٣-٠,٥ بوصة - خرسانة إسفلتية
مواد أسمنتية:	
بوصة واحدة - خرسانة عادية.	٠,٩-١,٠ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة - طبقة أساس	٠,٩-١,٠ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة شروخ بسيطة - ثابتة.	٠,٧-٠,٩ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانية شروخ متوسطة.	٠,٥-٠,٧ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة مكسرة - يوجد أساس مساعد	٠,٣-٠,٥ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة خرسانة مكسرة - لا يوجد أساس مساعد	٠,٣-٠,٥ بوصة - خرسانة إسفلتية
مواد معالجة بالأسمنت:	
بوصة واحدة - طبقة أساس - شروخ.	٠,٥-٠,٧ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة - طبقة أساس- شروخ أكثر	٠,٣-٠,٥ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة - دليل اللدونة ≥ ١٠	٠,٢-٠,٣ بوصة - خرسانة إسفلتية
ركام غير معالج:	
بوصة واحدة - نوعية عالية	٠,٣-٠,٥ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة - CBR < ٢٠ - دليل اللدونة ≥ ٦.	٠,٢-٠,٣ بوصة - خرسانة إسفلتية
بوصة واحدة - CBR < ٢٠ - دليل اللدونة < ٦.	٠,٢-٠,٣ بوصة - خرسانة إسفلتية

المصدر : معهد الإسفلت الأمريكي

٥-١-٤ : تقوية الرصف باستخدام نتائج قياسات الهبوط:

الغرض الأساسى لقياس الهبوط هو إيجاد علاقة بين الاجـــهاد والانفعـــال فـــى طبقات الرصف ومن ثم معرفة القدرة الإنشائية للرصف، ويجب مراعاة ان قيـــم الهبوط المقاسة بالأجهزة المختلفة تتأثر بدرجات الحرارة والرطوبة والصلابـــة النسبية للرصف لذلك يجب مراعاة التصحيحات المختلفة لهذه القيم. وأكثر أنواع أجهزة الهبوط شيوعا هى:

١ - قضيب بنكلمان Benkelman Bean

٢ - المقياس الديناميكى للهبوط Dynaflect

٣ - جهاز كاليفورنيا لقياس الهبوط Deflectometer

٤ - جهاز الوزن الساقط لقياس الهبوط Falling Weight Deflectometer

٥-١-٤-١: تجهيز وتحليل بيانات الهبوط :

تعتمد كفاءة التصميم على مدى دق إعداد وتحليل بيانات الهبوط المقاسة والتـــى تحدد اختلاف الخواص على مسار الطريق، ونظرا لأهمية هذه البيانات وتأثيرها على دقة التصميم فيوصى بالالتزام بالأعتبارات الآتية عند استخدام أجهزة قيـــاس الهبوط.

أ - عدد القياسات المطلوبة:

يعتمد عدد القياسات المطلوبة على عدة عوامل مثل ســـمك الرصـــف ونوعيـــة وطبوغرافية وموقع الطريق ونوع التربة التأسيسية وبالتالى يتم تقسيم الطريـــق الى قطاعات متماثلة ويوصى بأخذ ١٠ اختبارات كحد ادنى للأجزاء المتماثلة او شبة المتماثلة، كما يلزم إجراء عدد ١٠ اختبارات لكل ميل من الميول الطوليـــة للطريق، ويكون قياس الهبوط على مسارات العجلات الداخليـــة والخارجيـــة اى على بعد ٠,٦ متر للطرق التى يقل عرض حارة المرور بها عـــن ٣,٣٥ مـــتر وعلى بعد ٠,٩ متر للطرق التى عرض حارة المرور بها ٣,٣٥ متر أو تزيد.

ب – الأحمال القياسية لقضيب بنكلمان

فى حالة استخدام جهاز قضيب بنكلمان لقياس الهبوط يتم ذلك تحت حمل ٨١٦٥ كجم (١٨٠٠٠ رطل) لمحور مفرد (عجلة مزدوجة) وان يكون ضغط الإطارات ٥٥٢ Kpa (٨٠٠ رطل/بوصة^2).

جـ – معاملات تعديل درجة الحرارة

يوضح الشكل (٥–٢) معاملات التحويل التى يمكن تطبيقها لقياسات الهبوط بسبب اختلاف درجات الحرارة. وقد تم تحديد هذه المعاملات بمعرفة معهد الاسفلت على أساس انه كلما زادت درجة الحرارة يزداد الهبوط.

د – تحليل بيانات الهبوط

يتم حساب القيمة المتوسطة لقياسات الهبوط(D) وحساب مقياس التشتت (Se) ويتم حساب قيمة الهبوط التصميمية باستخدام المعادلة.

$$D = (D + 2Se)T$$

حيث

D : قيمة الهبوط التصميم

Se : مقياس لتشتت لقراءات الهبوط (جدول ٥–٢)

D : القيمة المتوسطة لقياسات الهبوط

T : معامل تعديل درجة الحرارة (شكل ٥–٣)

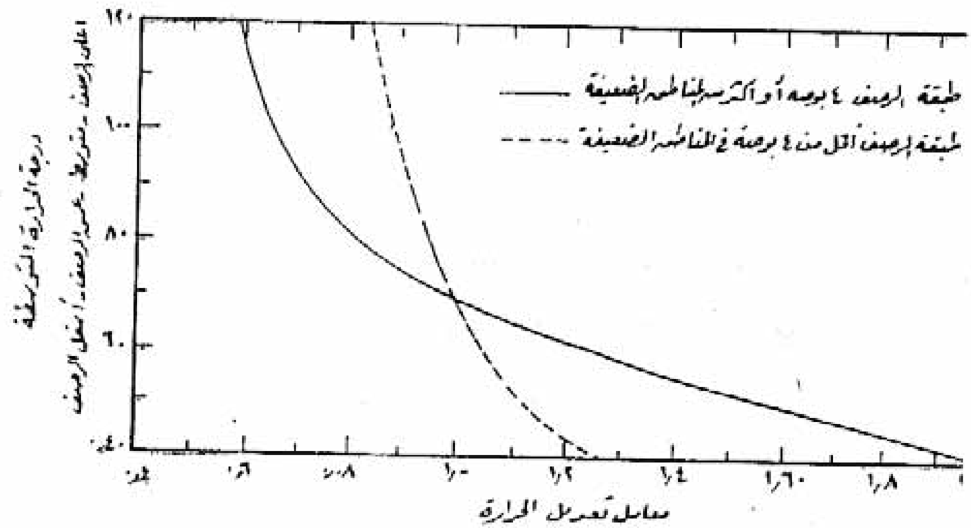
٥-١-٤-٢: حساب قيمة التغطية المطلوبة

١ - يتم تحديد قيمة المرور على أساس رقم المرور الابتدائى (ITN)الذى يتم حسابه من الشكل (٥-٣) بمعلومية عدد المركبات الثقيلة اليومى ومتوسط الحمل الكلى للمركبات الثقيلة وأقصى حمل محورى مفرد، ويتم تعديله حتى يأخذ فى الاعتبار زيادة حجم المرور فى المستقبل (جدول ٢-٢) وحساب رقم المرور التصميمى(DTN).

٢ - بمعلومية قيمة الهبوط التصميمية (D) ورقم المرور التصميمى (DTN) يتم حساب سمك طبقات التغطية المطلوبة من الشكل (٥-٤).

٥-١-٥ تقوية الرصف المرن اعتمادا على التقييم البصرى

يعتبر التقييم البصرى لحالة سطح الرصف وسيلة جديدة واقتصادية لتحديد عيوب سطح الرصف وكمياتها ودرجة شدتها مما يعتبر دراسة نوعية لتحديد الحالة العامة للسطح . وهناك العديد من مقاييس حالة السطح التى يمكن الاعتماد عليها فى أعمال التقييم البصرى لسطح الرصف مثل دليل مستوى الحالة الحالى (PSI) الخاص باتحاد مسئولى الطرق والنقل الأمريكى والذى يعتمد على مفهوم الارتباط بين رأى مستخدمى الطريق وقياسات كل من الوعورة والشروخ والترقيع والأخاديد فى سطح الطريق ويأخذ قيما تتراوح من صفر (للسطح المنهار) الى ٥.٠ (للسطح الممتاز). ومقياس تقدير حالة سطح الرصف (PCR) ودليل حالة سطح الرصف (PCI) اللذان يعتمدان على قياس كمية وشدة وكثافة مجموعة من عيوب حالة السطح.



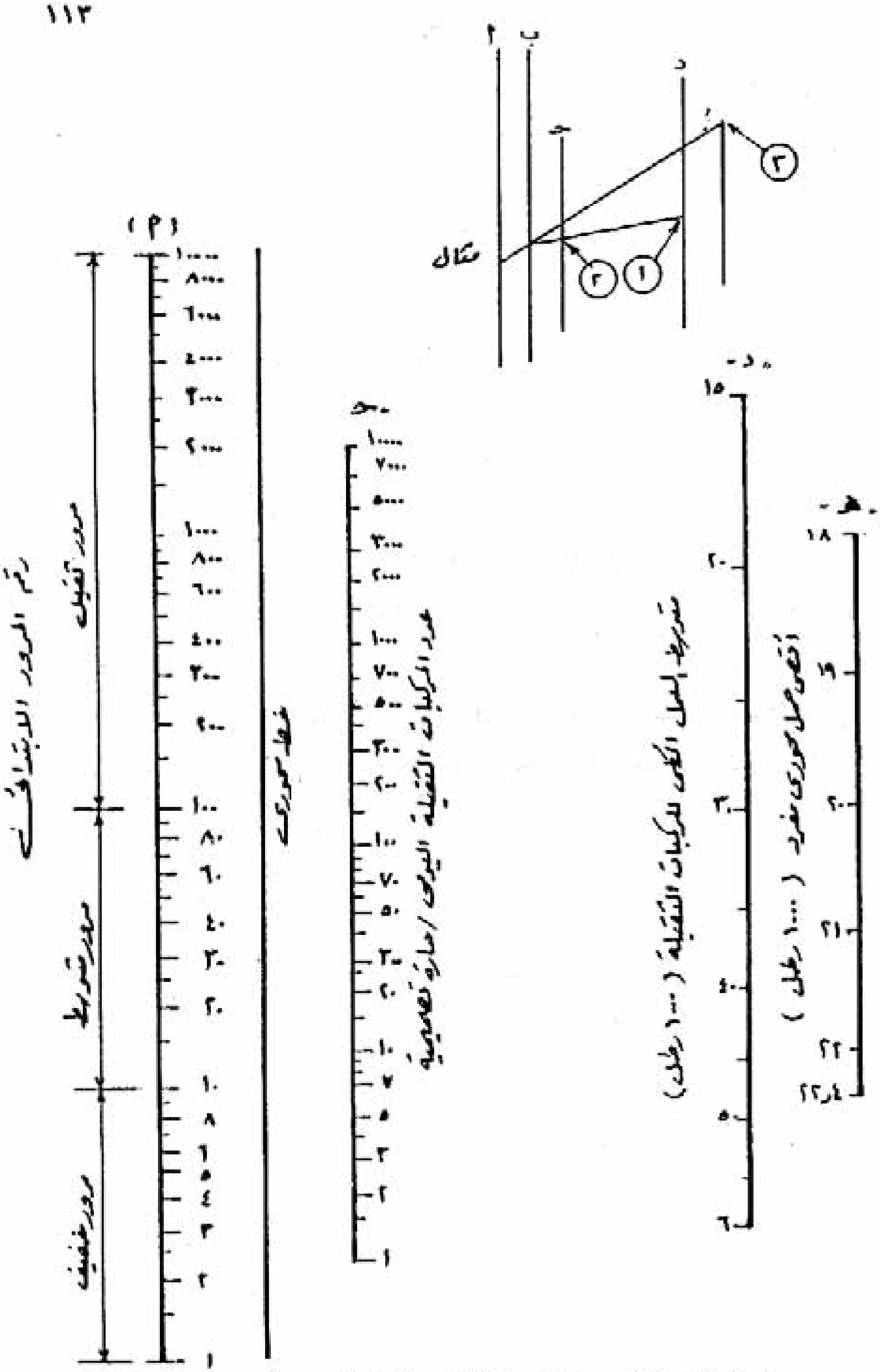
شكل (٥-٢) : معاملات لتعديل درجات الحرارة – قضيب بنكلمان

المصدر : معهد الإسفلت الأمريكي.

جدول (٥-٢): معادلات استنتاج مقياس التشتت

عدد القيم (N)	المعامل (d)	المعامل (m)
٢	١,١٢٨٤	٠,٨٨٦٢
٣	١,٦٩٢٦	٠,٥٩٠٨
٤	٢,٠٥٨٨	٠,٤٨٥٧
٥	٢,٣٢٥٩	٠,٤٢٩٩
٦	٢,٥٣٤٤	٠,٣٩٤٦
٧	٢,٧٠٤٤	٠,٣٦٩٨
٨	٢,٨٤٢٢	٠,٣٥١٢
٩	٢,٩٧٠٠	٠,٣٣٦٩
١٠	٣,٠٧٧٥	٠,٣٢٩٤

R= الفرق بين أعلى وادنى القيم ، $Se = Rm$ ، $Se = R/d$



شكل (٥-٣) : منحنى تحليل بيانات المرور" معهد الإسفلت"

وتأخذ مقياسا من صفر (للرصف المنهار) الى ١٠٠ (للرصف الممتاز) ويتم تقسيم الطريق الى قطاعات متماثلة من حيث نوع الرصف وحالته العامة وطبوغرافية موقع الطريق ونوع التربة الأساسية ويتم دراسة كل قطاع على حدة على ألا تقل نسبة العينة التى يتم مسحها من الطريق عن ١٠% بواقع ١٠٠ متر لكل ١,٠ كم من طول الطريق.

- عند الاعتماد على التقييم البصرى لحالة الرصف فيمكن استخدام معامل حالة السطح كما يلى:

أولاً : بالنسبة لحساب طبقة التقوية لطريق حالة الرصف له منهارة (على سبيل المثال معامل حالة السطح (PCI) يتراوح بين (صفر و٢٥).

يتم اخذ عينات من طبقة الأساس (عينه كل كيلو متر) ويتم تحديد نسبة تحمل كاليفورنيا لها ويعتبر الطريق القديم كجسر للطريق الجديد. تحسب اسماك طبقات الرصف الجديدة على أساس تحديد أحمال المرور الحالية وأقل نسبة لتحمل كاليفورنيا لطبقة الأساس القديم وذلك طبقا لطريقة التصميم الواردة فى البند(٣-٣) سابقا.

ثانياً : طبقات تقوية لطريق حاله سطح الرصف له ضعيفة الى مقبولة (على سبيل المثال معامل حالة السطح تتراوح بين ٢٥ و٥٥).

تؤخذ عينات من الطبقات الإسفلتية وتحدد لها قيمة الثابت والانسياب (عينة لكل ١ كيلو متر).

تؤخذ عينات من الأساس الركامى القديم ويحدد نسبة تحمل كاليفورنيا.

تؤخذ عينات من جسر الطريق ويحدد لها نسبة تحمل كاليفورنيا.

- تحسب اسماك طبقات الرصف طبقا للطريقة المتبعة سابقا على أساس:

١ - نسبة تحمل كاليفورنيا للجسر الحالى.

٢ - تحويل طبقات الرصف القديمة الى طبقات مكافئة جديدة.

٣ - الأحمال المحورية المكافئة (حسب ماهو متبع مسبقا).

- على ان تكون التقوية من طبقات رصف إسفلتية ويراعى قبل وضعها :

١ - معالجة وملئ الشروخ وكشط وتسوية السطح.

٢ - وضع طبقة ترميم لتسوية السطح واستعدال المناسيب.

ثالثاً : حساب طبقات التقوية لطبقات الرصف التي بحالة جيدة (وعلى سبيل المثل عندما يكون معامل حالة السطح بين ٥٥و٨٥) ويتطلب زيادة أحجام المرور عن تلك السابق تقديرها.

١ - تعالج الشروخ وتضبط المناسب بعمل طبقة ترميم من الخرسانة الإسفلتية على الساخن.

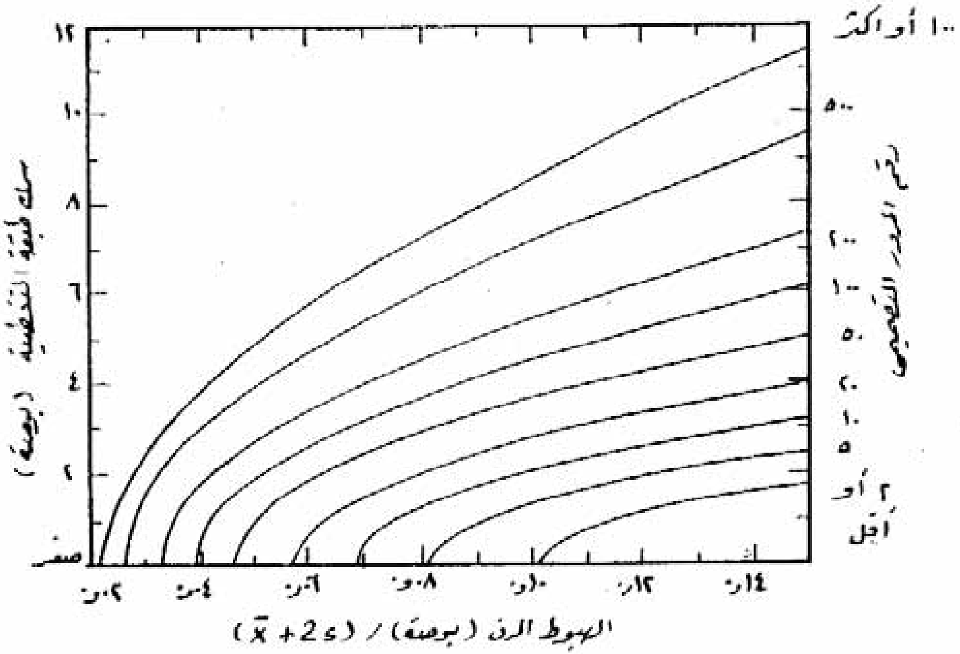
٢ - تحسب الأحمال المرورية على الطريق المراد تقويته.

٤ - يتم حساب اسماك الرصف المقترحه كما هو متبع.

٥ - تخصم اسماك الرصف الموجودة الحالية من الأسماك المقترحة بعد تحويلها الى طبقات مكافئة.

- توضع باقى الطبقات الإسفلتية المقترحة بعد الخصم على طبقات خرسانة إسفلتية ساخنة بينها طبقة لصق.

رابعاً : في حالة وضع طبقات تقوية لطريق بحالة ممتازة نظرا لظروف طارئة لتوقع زيادة الأحمال المرورية عليه او لزيادة عمره الافتراضى وفى هذه الحالة تحسب الأسماك التصميمية المقترحة ويخصم منها الأسماك الحالية بعد تقليلها بنسبة ٨٥% (المعامل٠,٨٥) .



شكل (٥-٤): سمك طبقة التغطية المرنة لتقليل الهبوط من القيمة المقاسة الى القيمة التصميمية المقبولة

٥-١-٦: اعتبارات إنشائية لعمليات تقوية الرصف المرن:

هناك العديد من الاعتبارات الإنشائية يجب مراعاتها عند تنفيذ عمليات تقوية الرصف المرن وهذه الاعتبارات خاصة بعمليات إعداد الأسطح القديمة لعمليات التغطية.

٥-١-٦-١ : تقوية الأجزاء الضعيفة

من المسلم به ان عمليات تقوية الرصف الحالى تتم بعد حساب القيمة المتوسطة للقدره الإنشائية للرصف الحالى ، ولا تتعرض عملية التصميم للمناطق التى تقل قدرتها الإنشائية عن هذه القيمة المتوسطة لأنه لو تم تصميم طبقات التقوية على أساس أسوأ المناطق(أقل المناطق قدرة إنشائية) سيكون التصميم فوق الحاجة بالنسبة لباقى المناطق (تصميم غير اقتصادى). وعلى هذا فالمناطق الضعيفة فى الرصف القديم يجب أن تحدد بعناية وتتم لها عمليات ترقيع وتقوية قبل البدء فى أعمال التغطية المصممة.

ويمكن تحديد هذه المناطق بإتباع الآتى:

١ - فى حالة تحليل عناصر القطاع الحالى او التقييم البصرى يتم تحديد المناطق التى تكون فيها الشروخ التمساحية عالية الشدة، ويتم إزالة هذه الأجزاء وترقيعها قبل البدء فى عمليات التغطية.

٢ - المناطق ذات التخدد عالى الشدة يتم كشط الطبقات المرتفعة وتسوية مناسيبها وإصلاحها.

٣ - فى حالة الاعتماد على قياسات الهبوط فى تقييم الرصف الحالى يتم تحديد المناطق التى لها قيم هبوط اعلى من قيمة الهبوط التصميمية وإصلاح الشروخ بها وترميمها.

٥-١-٦-٢ : التسوية

فى المناطق التى تعانى من الانبعاجات والتشوهات فى سطح الرصف يجب ان تتم عمليات تسوية للأسطح قبل البدء فى عمليات التقوية المصممة وتتم عمليات التسوية باستخدام مواد حصوية متدرجة مطابقة لمواصفات طبقات الأساس (بند ٢-٤-١) او باستخدام مخلوطات إسفلتية ساخنة او باردة على طبقات على الا يزيد سمك الطبقة عن ٧,٥ سم(٣ بوصة) ، ويتم تسوية هذه الطبقات أفقيا ودمكها كما هو موضح بالشكل (٥-٥).

٥-١-٦-٣ : تنظيف الأسطح وطبقة اللصق

عندما تتم عمليات التسوية وتقوية الأجزاء الضعيفة يجب ان تجرى عمليات نظافة جيدة لسطح الرصف القديم وإزالة اى أتربة به لضمان جودة التصاق طبقات التغطية به ، ويتم رش طبقات اللصق الإسفلتى بانتظام على سطح الرصف القديم بمعدل ٠,٥ كجم/متر مربع.

٥-١-٧ : تقوية الرصف المرن للطرق قليلة المرور:

يتناول هذا الجزء طريقة مبسطة لتحديد سمك طبقة التغطية للطرق والشوارع ذات أحجام المرور القليلة والتى لا يزيد عدد مركبات النقل الثقيل عليها عن ٢٠ مركبة فى اليوم. ويلزم لتطبيق هذه الطريقة توافر المعلومات التالية:

١ - متوسط حجم المرور لمركبات النقل الثقيل.

٢ - تصنيف التربة التأسيسيه(أنظر جدول رقم ٥-٣).

٣ - نوع وقوة تحمل طبقات الرصف الموجودة (أنظر جدول رقم ٥-٣).

لحساب سمك طبقة التغطية المطلوبة يتم إتباع الخطوات الآتية :

١ - باستخدام متوسط حجم المرور اليومى لمركبات النقل الثقيل وتصنيف التربة التأسيسية للطرق يتم تحديد السمك الكلى للطبقة الإسفلتية (TA) المطلوب لهذه الحالة من جدول رقم (٥-٣).

ملحوظة: جدول رقم (٥-٣) مبنى على أساس مركبات النقل الثقيل ذات وزن متوسط ٣٠,٠٠٠ رطل، ١٨,٠٠٠ رطل حمل محورى مفرد ، ٣% معدل نمو سنوى ، ٢٠ سنة فترة تصميمية.

٢ - يتم تحديد السمك الفعال (Te) لطبقات الرصف الموجودة باستخدام معامل التحويل المناسب لكل طبقة من جدول رقم (٥-١). (السمك الفعال هو سمك الرصف الموجود اذا تم تحويله الى سمك مكافئ من الخرسانة الإسفلتية). ثم يحسب السمك الكلى الفعال لطبقات الرصف وهو مجموع الأسماك الفعالة لكل الطبقات.

٣ - سمك طبقة التغطية المطلوبة من الخرسانة الإسفلتية هو السمك التصميمى (TA) مطروح منه السمك الفعال الكلى (Te) .

مثال : طريق ثانوى - ذات حجم مرور ٨ مركبات نقل ثقيلة فى اليوم ذات حمولات متوسطة ٣٠,٠٠٠رطل، حمل المحور - المفرد١٨,٠٠٠ رطل ومعدل النمو السنوى للمركبات = ٣%، الرصف الموجود يتكون من ١,٥ بوصة طبقة سطحية ذات شروخ سطحية ، ٦ بوصة طبقة أساس من كسر الحجر الغير معالج، التربة التأسيسية من النوع المتوسط، المطلوب سمك طبقة التغطية.

الحل:

١- من جدول (٥-٣): السمك التصميمى لطبقة الخرسانة الإسفلتية = ٥.٥ بوصة.

٢ – حساب السمك الفعال:

من الجدول رقم(٥–١) معامل التحويل للطبقة السطحية وطبقة الأساس هـو ٠,٥،٠,٤ على الترتيب.

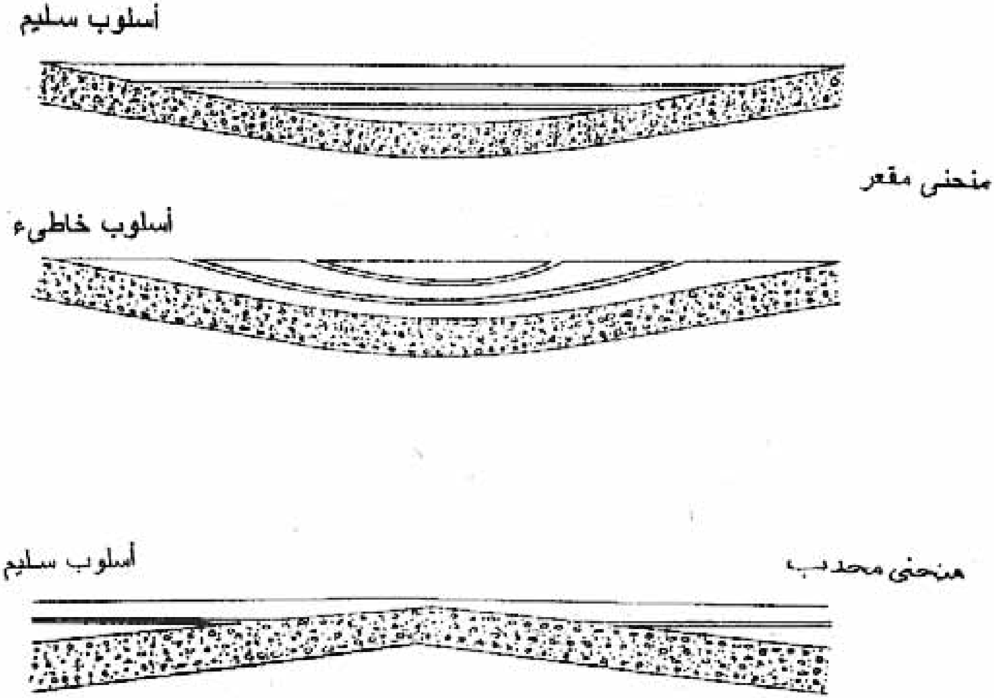
وعلى ذلك السمك الفعال الكلى = ٠,٤x ١,٥x ٦ = ٣,٦بوصة.

٣ – سمك طبقة التغطية اللازمة = السمك التصميمى – السمك الفعال:

= ٥.٥–٣,٦–١,٩ بوصة

= ٢,٠ بوصة

(يقرب السمك لأقرب ٠,٥ بوصة لاعلى)



شكل (٥-٥): طرق تسوية المناطق المنبعجة (المقعرة والمحدبة)

ملحوظة:

يتم إصلاح سطح الرصف الحالى ومعالجة العيوب المحلية بــه وإعــداده قبــل إضافة طبقة التقوية، ولا يتم حساب المواد المستخدمة لغرض إصــلاح ســطح الرصف ومعالجة العيوب ضمن سمك طبقة التقوية.

جدول (٥-٣) : الأسماك النموذجية (بالبوصة) للخرسانة الإسفلتية للطرق ذات أحجام المرور القليلة

متوسط عدد مركبات النقل الثقيل فى اليوم فى الحارة التصميمية	تصنيف التربة التأسيسية		
	ضعيف	متوسط	جيد الى ممتاز
٤ او اقل	٦	٤,٥	٤
٥-١٠	٧	٥.٥	٤
١١-٢٠	٧,٥	٦,٠	٤,٥

٥-٢ الإنشاء المرحلى المخطط:

ان أسلوب الإنشاء المرحلى المخطط يعتمد على مبادئ إنشــاء الطريــق علــى مراحل متعاقبة بإضافة طبقات من الخرسانة الإسفلتية طبقــا للتصميــم وعلــى فترات زمنية محدده ويجب التمييز بين هذا الأسلوب وبين الصيانة الجسيمة التى تطبق على الطرق او إعادة إنشاء وإصلاح الرصف الموجود ، وتعتمد خطــوات إنشاء الرصف على التنفيذ المرحلى للطبقات وتقييم الرصف الموجــود وتحديــد حاجته لطبقة جديدة.

أسس التصميم فى الإنشاء المرحلى هى نفسها المتبعــة فــى تصميــم طبقــات الرصف الجديدة حيث تستخدم خواص المرونــة لطبقــات الرصــف ، وعلــى المهندس اختيار الوقت ومستوى الخدمة المناسبين لتنفيذ المرحلــة التاليــة مــن التشييد، وكذلك تحديد مقدار التدهور الذى يحدث فى الطريق ، ويوضح الشــكل (٥-٦) بدائل الإنشاء المرحلى حيث تم اختيار السمك التصميمــــى بفــرض ان

ملحوظة:

يتم إصلاح سطح الرصف الحالى ومعالجة العيوب المحلية بــه وإعــداده قبــل إضافة طبقة التقوية، ولا يتم حساب المواد المستخدمة لغرض إصـــلاح ســطح الرصف ومعالجة العيوب ضمن سمك طبقة التقوية.

جدول (٥-٣) : الأسماك النموذجية (بالبوصة) للخرسانة الإسفلتية للطرق ذات أحجام المرور القليلة

متوسط عدد مركبات النقل الثقيل في اليوم فى الحارة التصميمية	تصنيف التربة التأسيسية		
	ضعيف	متوسط	جيد الى ممتاز
٤ او اقل	٦	٤,٥	٤
٥-١٠	٧	٥.٥	٤
١١-٢٠	٧,٥	٦,٠	٤,٥

٥-٢ الإنشاء المرحلى المخطط:

ان أسلوب الإنشاء المرحلى المخطط يعتمد على مبادئ إنشـــاء الطريــق علــى مراحل متعاقبة بإضافة طبقات من الخرسانة الإسفلتية طبقـــا للتصميــم وعلــى فترات زمنية محدده ويجب التمييز بين هذا الأسلوب وبين الصيانة الجسيمة التى تطبق على الطرق او إعادة إنشاء وإصلاح الرصف الموجود ، وتعتمد خطــوات إنشاء الرصف على التنفيذ المرحلى للطبقات وتقييم الرصف الموجــود وتحديــد حاجته لطبقة جديدة.

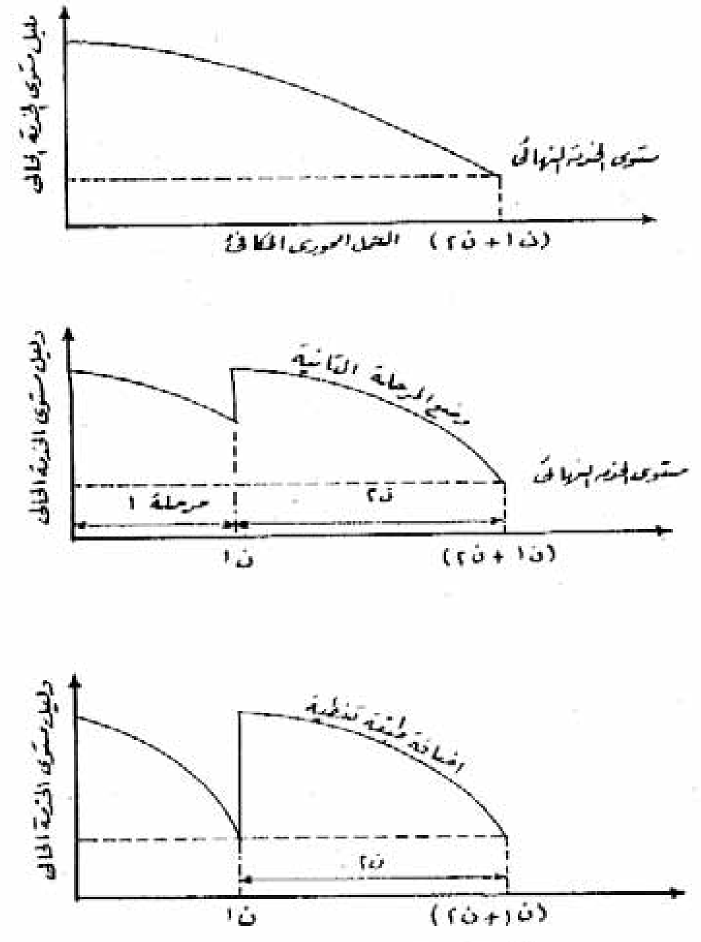
أسس التصميم فى الإنشاء المرحلى هى نفسها المتبعـــة فــى تصميــم طبقــات الرصف الجديدة حيث تستخدم خواص المرونـــة لطبقــات الرصـــف ، وعلـــى المهندس اختيار الوقت ومستوى الخدمة المناسبين لتنفيذ المرحلـــة التاليـــة مـــن التشييد، وكذلك تحديد مقدار التدهور الذى يحدث فى الطريق ، ويوضح الشـــكل (٥-٦) بدائل الإنشاء المرحلى حيث تم اختيار السمك التصميمـــــى بفــرض ان

الرصف سوف ينهار تماما بسبب المرور ويعتبر ذلك أعمال تقوية إنشائية الى جانب انه إنشاء مرحلى.

٥-٢-١ : مميزات أسلوب الإنشاء المرحلى:

هناك العديد من المزايا التى يوفرها أسلوب الإنشاء المرحلى ومنها:

- عند عدم توافر الاعتمادات المالية لإنشاء السمك الكلي للرصف (على سبيل المثال السمك المطلوب لفترة تصميمية ٢٠ سنة) فيمكن تصميم الرصف بحيث يتم إنشائه على مرحلتين (المرحلة الأولى لوقت قصير) على ان يكون هناك تخطيط لتدبير الاعتمادات اللازمة للمرحلة الثانية.
- يعتبر الإنشاء المرحلى ذا فائدة قصوى فى حالة صعوبة استنتاج حجم المرور لفترة ٢٠-٣٠ سنة خاصة لشوارع المدن او للطرق ذات الحركة الخفيفة وبالتالى يمكن تنفيذ المرحلة الأولى لحجم مرور بسيط ثم يتم بعد ذلك تحديد أحجام المرور حسب التغيرات التى قد تحدث بالشبكة والتى قد تغير شكل وتوزيع المرور ومن ثم يمكن استنتاج حجم المرور المناسب للتصميم.
- يوصي اتحاد مسئولي النقل والطرق الأمريكي (AASHTO) بأن الطرق التى يتم تغطيتها بعد تعرضها لاحمال المرور يكون اداء الرصف لها افضل من تلك الطرق التى يتم إنشائها على مرحلة واحدة.
- يمكن علاج المناطق التى بها عيوب من المرحلة الأولى خلال مراحل الإنشاء التالية والتى يمكن تحسينها بعمل تقييم اكثر فاعلية للرصف الموجود.



شكل (٥-٦) : بدائل استراتيجيات التصميم

٥-٢-٢ طريقة التصميم :

تشتمل طريقة التصميم على ثلاثة خطوات هى:

١ - تصميم المرحلة الأولى من الإنشاء.

٢ - تصميم مبدئى للمرحلة الثانية للتغطية.

٣ - التصميم النهائى لطبقة التغطية

وتعتمد طريقة تصميم المرحلة الأولى للإنشاء على مفهوم العمر المتبقى من عمر الرصف حيث يتم التصميم ليخدم فترة زمنية أقل من تلك التى يحدث عندها انهيار. وقد اثبتت الدراسات ان اختيار الفترة الزمنية للمرحلة الاولى تمثل ٦٠% من فتره التصميم الكلية تعتبر مقبولة اقتصاديا. ويجب تعديل عدد مرات تكرار حمل المرور المكافئ حتى يمكن استخدام هذا المفهوم وذلك للفترة التصميمة الأولى كالاتى:

حمل المحور المكافئ المعدل للمرحلة الأولى:

$= \frac{100}{60}$ x (عدد مرات تكرار حمل المحور المكافئ للمرحلة الأولى)

= x١,٦٧ (عدد مرات تكرار حمل المحور المكافئ للمرحلة الأولى)

مثال :

تصميم قطاع رصف مرن ذو خلطه إسفلتية بكامل السمك الكلى، كان معامل المرونة المتبقى للتربة التأسيسية ٧٥٠٠ رطل/بوصه مربعة وعدد مرات تكرار الحمل التصميمى =٢٠٠,٠٠٠ خلال الخمس سنوات الأولى ١,٨٠ x ١٠^{٦} خلال الـ ١٥ سنة التالية والمطلوب تصميم المرحلة الأولى بفرض ان الفترة الزمنية لها ٥ سنوات.

عدد مرات تكرار حمل المرور المكافئ المعدل = ١,٦٧ x٢٠٠,٠٠٠ =٣٣٤٠٠٠ مرة وباستخدام منحنيات التصميم (الباب الثالث) نجد ان السمك التصميمى للمرحلة الأولى(t_1) =١٩٠ مليمتر (٧,٥بوصة)

ويتم أيضا التصميم المبدئي للمرحلة الثانية على أساس العمر المتبقي من عمر الرصف وذلك لاستنتاج سمك طبقة التغطية اللازمة بحيث يكون السمك الكلي للرصف مكافئا لفترة التصميم الكلية (المرحلة الأولى + المرحلة الثانية) ويجب عمل تصحيح لحمل المرور المكافئ للفترة الثانية وذلك لاستخدام الزمن الباقي من عمر رصف المرحلة الأولى (١٠٠-٦٠ =٤٠%) كالاتي:

عدد مرات تكرار حمل المرور المكافئ المعدل للمرحلة الثانية = x٢,٥(عدد مرات تكرار حمل المرور المكافئ للمرحلة الثانية)

=x٢,٥ ١٨٠٠٠٠٠ = ٤٥٠٠٠٠٠ مرة

ويمكن اختيار سمك طبقة التغطية للمرحلة الثانية كالاتي:

١ - تحديد سمك الرصف الجديد (t2) والمطلوب لحمل المرور المكافئ المعدل للمرحلى الثانية (t2) =٣٠٥ مليمتر (١٢ بوصة) (باستخدام منحنيات الباب الثالث)

٢- تحديد سمك طبقة التغطية للمرحلة الثانية (   )

=t1-t2=٣٠٥-١٩٠=١١٥مليمتر

= ٤,٥ بوصه

ويعتمد مفهوم العمر المتبقي من عمر الرصف على تنفيذ الطبقة الثانية قبل ظهور عيوب بالطبقة الأولى ومع ذلك فان أداء طبقات الرصف للمرحلة التالية قد يكون افضل او أسوء ولا يمكن توقعه بدقة لذلك فأنه يوصى بتنفيذ المرحلة الثانية كالاتي:

١ - يتم تحديد حالة الرصف قبل نهاية المرحلة الأولى بسنة.

٢ - اذا كانت حالة الرصف جيدة الى ممتازة يتم تنفيذ البرنامج كما هو مخطط له.

٣ - اذا كانت حالة الرصف ضعيفة فيمكن تنفيذ المرحلة التالية مباشرة او إعادة التصميم.

٥ –٣ : تقوية الرصف الصلب

دواعى تقوية الرصف

١ – فى حالة عدم التصميم الصحيح للسمك الكلى للرصف، ينتج تحركات كسر البلاطة الخرسانية نتيجة أحمال المرور الثقيلة او أتربة غير ثابتة او صرف غير سليم.

٢ – وجود فالق فى الرصف عند الوصلات او شروخ ناتجة عن أحمال ثقيلة.

٣ – فقدان التكوين السطحى للبلاطة بالإضافة الى نقص مقاومة الانزلاق الناتج عن استخدام مواد غير صالحة ، أو عدم جودة التنفيذ.

٤ – التأثير المناخى على الخرسانة الغير محتوية على فراغات هوائية مما يسبب تشققات.

٥ – التلف الخرسانى بسبب تفاعلات الركام القلوى.

٦ – الشروخ الانعكاسية الناتجة عن انتقال الشروخ الداخلية الى السطح الخارجى للرصف.

٥–٣–١: العوامل المؤثرة فى اختيار تصميم طبقة التقوية:

١ – التصميم وحالة الرصف الموجودة.

٢ – خصائص التربة، طبقة الأساس، الصرف.

٣ – الصيانة السابقة مثل التغطية بالبيتومين، ترميم الوصلات ، التكسية.

٤ – حجم المرور على الطريق.

٥ – تصميم وحالة الأكتاف.

٦ – بناء الطريق.

٧ – طريق سير المرور.

٥-٣-٢ : طبقة تقوية الرصف الخرسانى:

يتم تقوية الرصف الخرسانى بطبقة خرسانية فى حالة وجود مشـــاكل انشـــائية بالرصف، وقد تستخدم الخرسانة ذات الالياف لـــهذا الغـــرض نظـــرا لتميزهـــا بمقاومة شد اعلى من الخرسانة العادية مما يقلل من احتمالات حدوث الشـــروخ الانعكاسية، وقد تستخدم طبقة إسفلتية لمعالجة المشاكل المتعلقة بسطح الرصـــف الخرسانى.

٥-٣-٢-١ : التقوية بخرسانة رابطة:

التقوية بالخرسانة الرابطة تشمل ربط بين الخرسانة الحديثة بطبقـــات الرصـــف الموجودة باستخدام طبقة بينية رقيقة تتكون من خليط من الأسمنت والرمل الناعم ويخلط بواسطة المياه ويتم رشه تحت ضغط الهواء والسمك المناســـب لطبقـــة التقوية وتتراوح بين ٦ الى ٨ سم على ان يكون الرصف المكـــون مـــن طبقـــة الرصف الموجودة وطبقة الرصف الحديثة وطبقة الأساس كاف لتحمل أحمـــال وأحجام المرور باستخدام طريقة التصميم الواردة فى البند (٤-٣) ولا تتطلـــب التقوية بخرسانة رابطة استخدام حديد التسليح.

٥-٣-٢-٢: التقوية بخرسانة غير رابطة:

فى هذه الحالة يتم استخدام مادة رابطة قابلة للكسر بين طبقة الرصف الموجـــودة وطبقة التقوية ويمكن استخدام الإسفلت السائل او المخلوط الإسفلتى الرملى كمادة رابطة قابلة للكسر مما يؤدى الى قلة الفرصة لانعكاس الشروخ مـــن البلاطـــة الأساسية ويتم استخدامها فى الأسماك الكبيرة ويتم تصميم سمك بلاطة التقويـــة للخرسانة الغير رابطة طبقا للمعادلة التالية :

$$to = \sqrt{t^2 - ct^2}$$

حيث:

t – السمك المطلوب لبلاطة مفردة

to – سمك التقوية

t_1 – سمك البلاطة الموجودة

c – معامل حالة السطح

– ١ (فى حالة الرصف الموجد فى حالة جيدة

– ٠,٧٥ (فى حالة الرصف الموجود يحتوى على شروخ داخلية جانبية نتيجة التحميل وكن ليست شروخ مستمرة)

– ٠,٣٥ (فى حالة الرصف الموجود بحالة سيئة)

اقل سمك للبلاطة المصممة الغير رابطة – ١٣ سم

٥–٣–٢–٣ : التقوية بخرسانة مباشرة

تتكون التقويه بخرسانة مباشرة من بلاطة ملتصقة بالخرسانة الموجودة وتستخدم فى حالة الأسماك الكبيرة ويتم تصميم سمك بلاطة التقوية طبقا للمعادلة التالية:

$$t_o = \sqrt[14]{t^{14} - c_1 t_1}$$

t = السمك المطلوب لبلاطة مفردة

to – تخانة التقوية

t – سمك البلاطة الموجودة

c – معامل حالة السطح

= ١(فى حالة الرصف الموجود فى حالة جيدة)

– ٠,٧٥ (فى حالة الرصف الموجود يحتوى على شروخ داخلية جانبية نتيجة التحميل ولكن ليست شروخ مستمرة)

= ٠,٣٥ (فى حالة الرصف الموجود بحالة سيئة)

اقل سمك لبلاطات التقوية المباشرة = ١٣

٦: الرموز والمصطلحات

AASHTO	إتحاد مسئولي النقل والطرق الأمريكي (الآشتو)
Base Course	طبقة أساس
California Bearing Ratio	نسبة تحمل كاليفورنيا(C.B.R)
Contact Pressure	ضغط الألتصاق (التماس)
Continous Reinforced Concrete	خرسانة ذات تسليح مستمر
Corner Stress	إجهادات الركن
Condition Assessment	تقدير الحالة
Construction Joints	فواصل الإنشاء
Contraction Joints	فواصل الإنكماش
Design Period	الفترة التصميمية
Deformation	هبوط/شكل
Daul Wheel	عجلة مزدوجة
Daul-Tandem Wheel	عجلة مزدوجة ثنائية
Dowel Bars	أسياخ حديد وتدية
Edge Stress	إجهاد الحافة
Equivalent Axel Load(EAL)	الحمل المحوري المكافئ
Expansion Joints	فواصل التمدد
Flexible Pavement	رصف مرن
Functional Distress	عيوب (إنهيارات) وظيفية
Fatigue Value	قيم الكلال
Flexible Overl	التغطية بطبقة مرنة
Functional Failure	إنهيار وظيفي
Full -Depth Asphalt Pavement	رصف أسفلتي بكامل العمق
Hair Cracks	شروخ شعرية
Interior Stress	إجهاد داخلي

Layer Coefficients	معاملات الطبقات
Load Equivalency Factor	معاملات الأحمال المكافئة
Layered System	نظام متعدد الطبقات
Loading Stresses	إجهادات الأحمال
Load Distributing Factor (L.D.F)	معامل توزيع الأحمال
Level of Serviceability	مستوى الخدمة
Modulus of Elasticity	معامل المرونة
Modulus of Subgrade Reaction	معامل رد فعل التربة (K)
Modulus of Rupture	معامل جهد الكسر
National Crushed Stone Association	الجمعية الأهلية لإنتاج الركام
Pumping	الضخ
Present Serviceability Index	دليل مستوى الخدمة الحالى
Poisson Ratio(u)	نسبة بواسون
Pavement Evaluation	تقيم الرصف
Pavement Performance	أداء الرصف
Pavment Distresses	عيوب الرصف
Patching	ترقيع(ترميم)
Stage Construction	الإنشاء المرحلى
Performance	مستوى الأداء
Present Serviceability Rating	تقدير مستوى الخدمة الحالى
Rigid Pavement	رصف صلب
Radial Stress	إجهاد قطرى
Raduis of Relative Stiffness	نصف قطر الصلابة النسبى
Rigid Overlay	التغطية بطبقة صلبة
Resilient Modulus	معامل المرونة الرجوعى
Rutting	هبوط فى مسار العجلات
Regional Factor	المعامل الأقليمى
Surface Roughness	خشونة السطح
Single Axle	محور مفرد

Soil Support Value(s)	مقياس قوة التربة
Shear Deformation	تشوهات قصية
Surface Layer /Wearing Surface	طبقة سطحية
Subbase	طبقة أساس مساعد
Subgrade	التربة التأسيسة
Stiffness	كرازة /صلابة
Shear Stress	إجهاد القص
Stuctural Number	الرقم الإنشائي
Tire Pressure	ضغط الإطار
Tire Imprint	بصمة الإطار(تماس الإطار)
Terminal Serviceability	مستوى الخدمة في نهاية الفترة
Tie Bars	أسياخ حديد رابطة
Tandem Axle	محور مزدوج
Truck Factor	معامل المركبة
Untreated Aggregate	ركام غير معالج
Vertical Stress	إجهاد عمودى
Warping Stress	إجهاد التقوس
Wire Mesh	شبكة تسليح